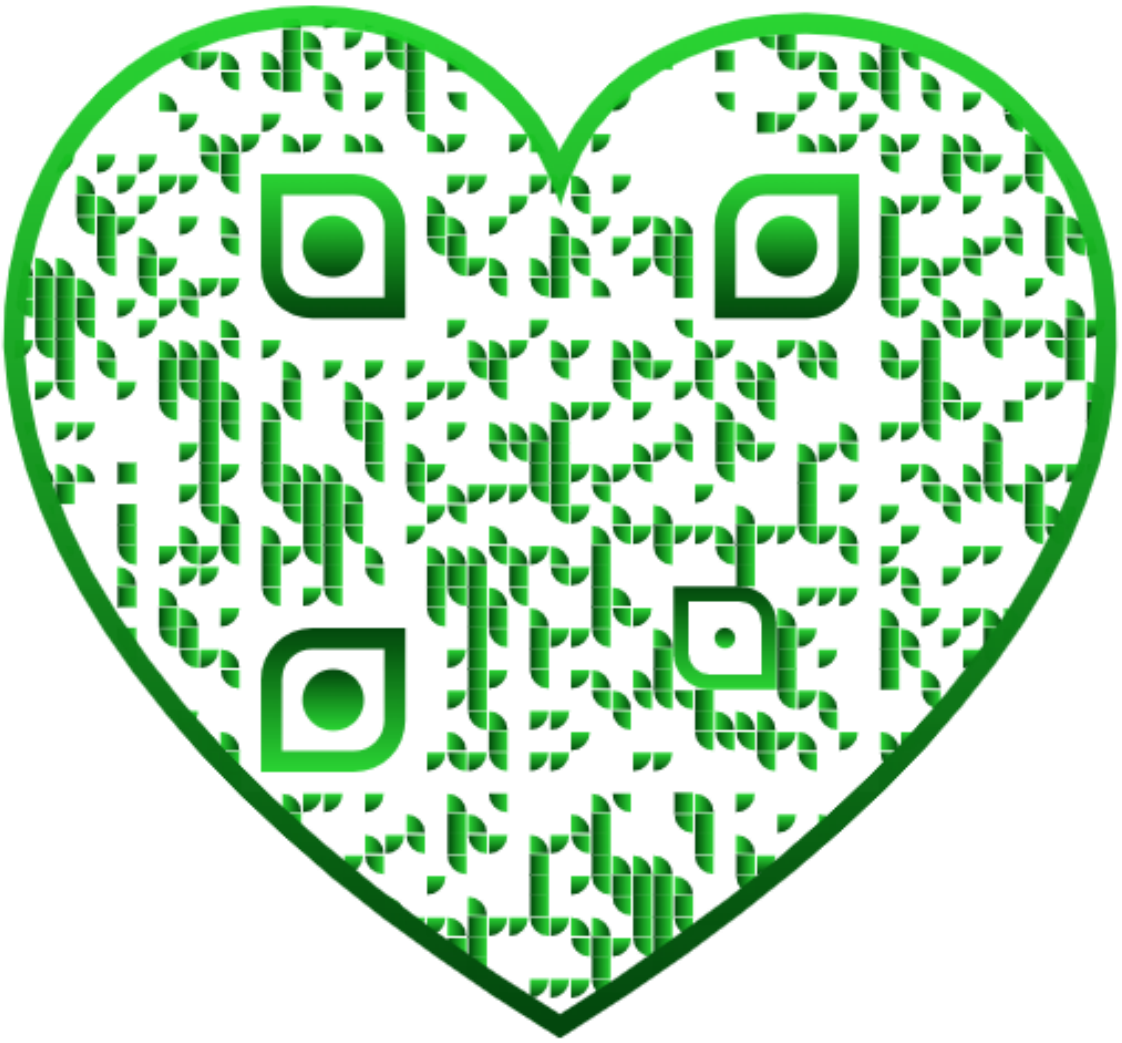
Brigitte Vu

Choisir une énergie renouvelable adaptée à sa maison

EYROLLES

SHOUT
SHARE
IT



Dans la même collection

B. Béranger. – *Les pompes à chaleur,*
G11997, 2006.

P. de Haut. – *25 moyens d'économiser son argent et notre environnement,* G12053, 2007.

B. Vu. – *Récupérer les eaux de pluie,*
G11984, 2006.

B. Vu. – *L'habitat écologique et les aides de l'État,*
G12054, 2006.

B. Vu. – *La maison à énergie zéro,*
G12089, 2007.

Du même auteur

Construire ou rénover en respectant la HQE,
G12070, 2006.

Récupérer ou gérer les eaux pluviales,
G11949, 2006.

Choisir une énergie renouvelable adaptée à sa maison

Brigitte Vu

EYROLLES

ÉDITIONS EYROLLES
61, bld Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

Sommaire

Avant-propos 3

Les constats 3

L'isolation : un point clé de l'économie d'énergie 4

Le solaire 7

Énergie solaire passive et énergie solaire active 8

L'énergie solaire passive 8

L'énergie solaire active 8

Eau chaude sanitaire ou système combiné ? 9

L'eau chaude sanitaire 9

Les systèmes solaires combinés 17

Le photovoltaïque 23

Principe de fonctionnement 24

Les capteurs 24

Les panneaux photovoltaïques 25

Les tuiles photovoltaïques 25

Installation spécifique 27

Crédit d'impôt 27

Le bois-énergie 29

Constats 29

Un choix judicieux 30

Les différentes formes de bois-énergie 30

La bûche 30

La plaquette forestière 31

Le granulé bois 31

Les différents appareils de chauffage au bois 32

Les cheminées, inserts et foyers fermés 32

Les poêles performants 33

Les chaudières à bûches 33

Les chaudières à tirage naturel 33

Les chaudières à tirage forcé ou turbo 34

Les chaudières turbo avec hydroaccumulation 34

Les chaudières à bois déchiqueté 35

Les chaudières à granulés bois 36

Les poêles à granulés 37

Les chaudières à granulés 38

Avantages fiscaux pour les chaudières bois 41

Un choix économique 41

La géothermie et l'aérothermie 43

Qu'est-ce que la géothermie ? 43

Le principe de fonctionnement 44

Le captage 45

La pompe à chaleur 46

Mise en place d'un plancher chauffant basse température 48

Les matériaux utilisables avec un plancher chauffant 49

Les différents types de pompes à chaleur 50

L'eau chaude sanitaire 57

Comment déterminer vos besoins ? 59

Évaluation de vos besoins 61

L'aérothermie 61

Un modèle économique 62

La réversibilité : une option non négligeable 63

Le chauffage de la piscine 64

Conclusion 64

L'éolien 67

Au préalable... 68

Comment fonctionne une éolienne ? 69

Raccordement au réseau 70

Consommation personnelle non raccordée 71

Les petites centrales hydrauliques 73

Principe de fonctionnement 74

Les petites centrales hydrauliques et l'environnement 74

Rentabilité des PCH 75

Conclusion 79

Organismes référents en matière d'énergies renouvelables 81
Organismes nationaux 81
Organismes régionaux 83

Index 93

À Mamet

Avant-propos

L'augmentation inquiétante des gaz à effet de serre sur notre planète avec les conséquences climatiques que l'on sait, la pénurie annoncée d'énergie fossile et la signature du protocole de Kyoto, nous encouragent à privilégier les énergies renouvelables pour la production d'eau chaude sanitaire comme de chauffage. À ce titre, un certain nombre de possibilités en matière d'énergies renouvelables s'offrent maintenant aux particuliers, tant en constructions neuves qu'en rénovation.

Les constats

Les responsables des pays industrialisés ont pris conscience depuis peu de temps de la nécessité de tenir compte de la consommation d'énergies fossiles dans le monde. Pour la première fois, ils ont compris que ces énergies n'étaient pas inépuisables ; pire, que nous allions en manquer, le pétrole dans un premier temps, puis le gaz, et que nous n'avions pas prévu ces éventualités.

De plus, il est maintenant établi que la croissance importante des gaz à effet de serre dans les dernières décennies a contribué à modifier durablement les conditions climatiques sur la planète.

Ces éléments alarmistes ou pour le moins préoccupants ont contribué à une prise de conscience généralisée des dirigeants de nombreux pays dans le monde, et nous invitent à réfléchir, chacun à notre niveau, aux possibilités qui nous sont offertes d'agir pour retarder au maximum la survenue de catastrophes naturelles et de pénurie d'énergies fossiles.

Malheureusement, la prise de conscience ne se situe pas au même niveau sur l'ensemble de la planète. Il faut savoir qu'un Américain du Nord consomme trois fois plus d'énergie qu'un Français, qui lui-même en consomme plus qu'un Allemand, un Suisse ou un habitant des pays nordiques.

L'isolation : un point clé de l'économie d'énergie

L'isolation est sans doute le facteur le plus important puisqu'elle conditionne votre consommation de chauffage en hiver, voire de climatisation en été.

La France compte environ 30,2 millions de logements : 19,1 millions ont été construits avant 1975, ce qui représente 63 % du parc existant. Les logements construits avant 1975 sont relativement peu – voire pas du tout – isolés, ce qui signifie que les bâtiments ont de fortes déperditions thermiques et, de fait, consomment beaucoup plus d'énergie. De plus, ils sont chauffés grâce à des énergies fossiles, donc fortement pourvoyeurs de gaz à effet de serre, responsables en partie des changements climatiques.

Cela signifie que le potentiel en matière d'économies d'énergie est très important dans ce secteur. Par ailleurs, l'investissement des propriétaires en matière de travaux de maîtrise de l'énergie reste stable sur 2005 et 2006 ; seuls 12 % des ménages effectuent des travaux de maîtrise de l'énergie pour un montant de 25 €/m^2. Il est donc important d'encourager encore davantage les propriétaires en ce sens si l'on veut multiplier par deux ou trois ce type d'investissement et diviser par quatre nos émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050.

Des efforts ont été faits dans ce domaine puisque la première réglementation thermique concernant la réhabilitation des bâtiments existants vient de voir le jour, elle s'appliquera aux

bâtiments de plus de 1 000 m^2 faisant l'objet de rénovation, mais également à des bâtiments plus petits, voire des bâtiments collectifs, et à terme la maison individuelle.

Des produits financiers venant en complément du livret développement durable devraient voir le jour en 2007 : ils encourageront la rénovation ou la construction de logements ou/et bâtiments haute performance énergétique, donc dépassant de 10 % la RT 2005 (Réglementation thermique) actuellement en vigueur.

De plus, un texte devrait être voté prochainement permettant un dépassement maximal de 20 % du coefficient d'occupation des sols pour les constructions utilisant des énergies renouvelables et/ou HPE (Haute performance énergétique).

L'entrée en vigueur du diagnostic de performance énergétique pour la vente depuis le mois d'octobre 2006, et pour la location en juillet 2007, devrait encourager les propriétaires à faire des travaux visant à isoler davantage leurs logements, donc à économiser les énergies fossiles, et à remplacer les chaudières actuelles par des moyens de production de chauffage et eau chaude sanitaire utilisant des énergies renouvelables.

1

Le solaire

Le Plan Soleil mis en place en 1999 par l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) a signé en quelque sorte le lancement de l'énergie solaire pour les particuliers.

Ce type d'énergie connaît un engouement croissant puisque l'on totalisait quelques centaines d'installations en 2000 contre 7 500 en 2004.

On estime que près de 20 000 familles utilisent l'énergie solaire pour obtenir de l'eau chaude sanitaire. Nous étions loin derrière l'Allemagne ou la Hollande mais ce chiffre s'avère encourageant, et la croissance dans ce domaine est extrêmement importante. Le solaire thermique en France ne cesse de progresser !

Le marché français a doublé en 2006, et ce, alors que la croissance européenne se situe entre 35 à 40 %. Au total plus de 300 000 m^2 de panneaux solaires thermiques ont été posés en 2006. « La France est en passe de devenir le deuxième marché européen (en incluant les DOM), devant l'Autriche et derrière l'Allemagne, où on a installé plus de 1,25 million de mètres carrés », indique Enerplan, association professionnelle de l'énergie solaire.

Par ailleurs, ce type d'énergie nous permet de lutter efficacement contre l'émission de gaz à effet de serre. En effet, un foyer de quatre personnes émet environ 1 600 kg de CO_2... Si elle utilise l'énergie solaire, la quantité de CO_2 émise par cette même famille « n'est plus » que de 400 kg.

Enfin, il est à noter que le coût des énergies conventionnelles ne cessera d'augmenter dans la mesure où les ressources en énergie conventionnelle s'amenuisent chaque jour et que la découverte de nouveaux gisements exploitables est de plus en plus improbable.

Énergie solaire passive et énergie solaire active

L'énergie solaire passive

Avant toute chose, il y a l'utilisation de l'énergie solaire passive. Il s'agit d'orienter votre maison, en construction neuve bien sûr, de telle sorte que vous captiez les rayons solaires en hiver pour préchauffer votre intérieur sans que ceux-ci soient trop importants en été (et donc éviter de chauffer votre intérieur en excès). Il s'agit également de choisir des matériaux à forte inertie thermique pour votre structure, c'est ce que l'on appelle construire une maison « bioclimatique ». Toutes ces mesures sont relativement peu onéreuses et permettent de faire des économies de chauffage relativement conséquentes sur la durée de vie du bâtiment.

L'énergie solaire active

Vous pouvez ensuite faire le choix de l'énergie solaire active.

Un circuit primaire étanche et calorifugé contenant de l'eau additionnée d'antigel s'échauffe en passant dans les tubes du capteur concentrant la chaleur et se dirige vers le ballon de stockage où il restitue ses calories solaires à un échangeur thermique placé dans le ballon d'eau. Et ainsi de suite, le liquide primaire repart vers le capteur où il est à nouveau chauffé tant que l'ensoleillement est efficace.

Eau chaude sanitaire ou système combiné ?

En matière d'énergie solaire, plusieurs choses peuvent vous être proposées, l'eau chaude sanitaire seule et/ou les systèmes solaires combinés pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

L'eau chaude sanitaire

Le ballon d'eau chaude sanitaire est une cuve métallique bien isolée qui constitue la réserve en eau chaude sanitaire. L'eau chaude soutirée est remplacée immédiatement par la même quantité d'eau froide du réseau qui est à nouveau réchauffée.

Ces systèmes de chauffe-eau solaires sont aujourd'hui extrêmement performants même si l'on peut regretter que le rendement maximal soit en été, quand on en a le moins besoin.

Le fonctionnement

1. Système de captage de l'énergie solaire

Le capteur solaire est constitué d'une plaque et de tubes métalliques noirs qui absorbent le rayonnement solaire et permettent l'échauffement du liquide circulant dans les tubes. Cet échauffement peut atteindre 70 °C en fonction de la température ambiante. Le liquide circulant dans les tubes est de l'eau froide additionnée d'antigel. Le circuit est fermé ; on le fait passer par un capteur solaire placé sur votre toit, de préférence orienté plein

sud, pour récupérer le maximum de chaleur. Il constitue l'absorbeur. Le tout est enfermé dans un réceptacle rigide thermiquement isolé. Sa partie supérieure est équipée d'une vitre résistant aux intempéries (glace, grêlons...), laissant pénétrer les rayons du soleil et retenant la chaleur comme une sorte de serre.

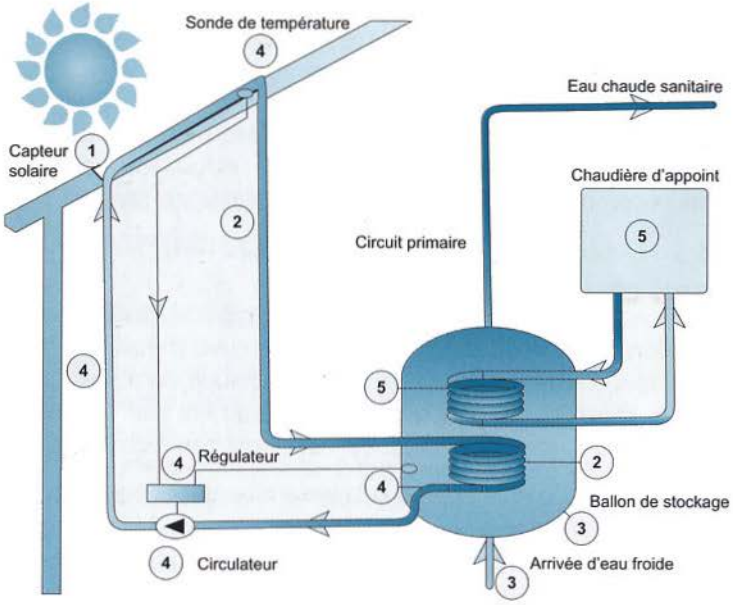


Fig. 1.1 – Exemple de fonctionnement d'un chauffe-eau solaire

2. Transport de la chaleur

Un circuit primaire étanche et calorifugé (fluide caloporteur) contenant de l'eau additionnée d'antigel s'échauffe en passant dans les tubes du capteur et se dirige vers le ballon de stockage où il restitue ses calories solaires à un échangeur thermique placé dans le ballon d'eau. Et ainsi de suite, le liquide primaire repart

vers le capteur où il est à nouveau chauffé tant que l'ensoleillement est efficace.

3. Ballon de stockage

Le ballon de stockage est une cuve métallique très bien isolée qui constitue la réserve d'eau chaude sanitaire. L'eau chaude soutirée est aussitôt remplacée par une quantité d'eau froide identique, provenant du réseau, et sera immédiatement réchauffée par le liquide du circuit primaire.

4. Circulation du liquide primaire

Cette circulation peut être de deux ordres : naturelle ou forcée.

Lorsque la circulation est naturelle, le fluide caloporteur circule grâce à la différence de densité existant entre le liquide du circuit primaire et l'eau du ballon. En effet, puisqu'il est plus chaud donc moins dense que l'eau du ballon, il s'élève naturellement par thermo-circulation. Il est à noter que le ballon doit être placé plus haut que les capteurs. Ce système constitue ce que l'on appelle les chauffe-eau solaires en « thermosiphon ».

Dans le cas d'une circulation forcée, une petite pompe électrique met en mouvement le fluide caloporteur quand sa température est supérieure à celle du ballon grâce à un dispositif de régulation. Celui-ci joue sur les différences de température. En effet, si la sonde du ballon est plus chaude que celle du capteur, la régulation stoppe la circulation de fluide. Dans le cas où la sonde du ballon a une température inférieure à celle du capteur, le circulateur se remet en fonctionnement, et le liquide primaire réchauffe l'eau du ballon.

5. Chaudière d'appoint

Lorsque l'ensoleillement est insuffisant, ce qui est le cas en hiver, en période de mauvais temps, un dispositif d'appoint pallie le manque d'ensoleillement pour assurer la production d'eau chaude sanitaire. Il est constitué d'une résistance placée le plus

souvent à mi-hauteur du ballon solaire et d'un serpentin raccordé à une chaudière (bois, fioul ou gaz) situé en aval du ballon. Vous pouvez aussi faire mettre un second ballon doté d'un réchauffeur électrique. .

L'installation d'un chauffe-eau solaire permet d'assurer de 50 à 70 % de la couverture en besoin d'eau chaude sanitaire sur un an pour une famille. Sachant que la consommation moyenne est de 50 l d'eau chaude sanitaire par personne et par jour.

Crédit d'impôt

Vous pouvez bénéficier d'un crédit d'impôt fixé à 50 % des dépenses engagées avec un plafond de 8 000 € pour une personne célibataire et 16 000 € pour un couple avec des majorations de 400 € par personne à charge.

La production d'eau chaude sanitaire par mètre carré de capteur solaire permet d'éviter le rejet de 300 kg de CO_2 par an dans l'atmosphère et la production de 100 l d'eau chaude sanitaire quasi en permanence.

Les différents capteurs

Les capteurs plans

Ce type de capteurs possède une puissance de 350 à 400 W/m^2. Il n'absorbe que les rayons directs se situant à la verticale des capteurs, soit de 10 h à 16 h. Leur performance s'atténue dans le temps à cause des poussières, du vent et des polluants de l'air.

On ne les utilise que pour la production d'eau chaude sanitaire.

Les tubes à flux direct

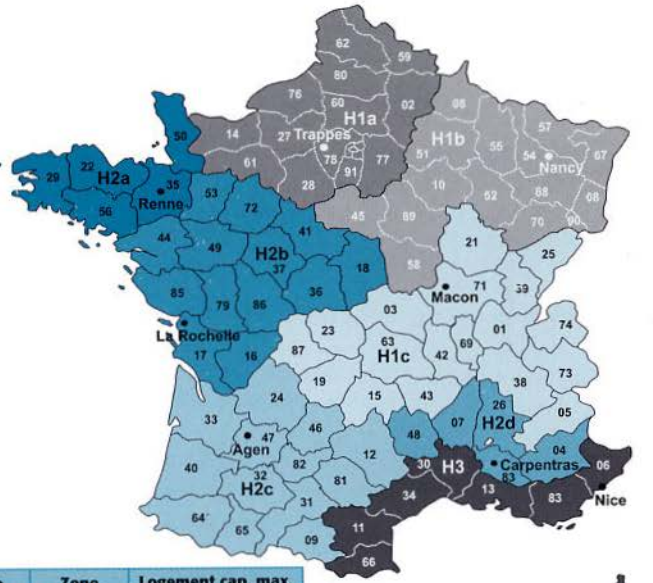
La puissance de ces tubes est de 600 à 650 W/m^2 environ. Ils absorbent les rayons directs, réfléchis et diffus mais mettent plus de temps à monter en température. Ils ne s'altèrent pas avec le temps, et leur verre est autonettoyant.

Les tubes à caloduc

Leur puissance est de près de 800 W/m^2. Ils absorbent les rayons directs, réfléchis et diffus à tout moment de la journée et ce, quelle que soit l'orientation du soleil : du matin de bonne heure au soir assez tard. Ils ne s'altèrent pas avec le temps, et le verre est autonettoyant.

Le dimensionnement de votre système

Voici les nouvelles zones climatiques déterminées pour la RT 2005 (Réglementation thermique).



Type de chauffage	Zone climatique	Logement cap. max. (KWh/m²)
Combustibles fossiles	H1	130
	H2	110
	H3	80
Chauffage électrique	H4	250
	H2	190
	H3	130

Fig. 1.2 – Zones climatiques définies par la RT2005

Le dimensionnement de votre installation est ce qu'il y a de plus délicat. Il est donc extrêmement important de donner les renseignements les plus précis possibles à votre installateur, non seulement le nombre d'occupants de votre maison, mais aussi leur besoin en eau chaude. Il est indispensable de préciser quelle utilisation vous faites de l'eau dans votre logement : par exemple en ce qui concerne les douches ou les bains ainsi que leur fréquence, les besoins en termes de lavage de la vaisselle à la main, ou encore pour tout autre usage que vous jugerez utile de signaler.

Je vous donne ci-après un exemple de dimensionnement, sachant que la base de calcul a été une consommation journalière de 50 à 60 l d'eau chaude à 45 °C avec une couverture des besoins grâce au solaire de l'ordre de 50 à 70 %.

Nombre de personnes	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou 8
Volume du ballon solaire pour un chauffe-eau solaire sans appoint en litres	100 à 150	100 à 250	250 à 350	350 à 500
Volume du ballon d'eau pour un chauffe-eau solaire avec appoint en litres	100 à 250	250 à 400	400 à 550	550 à 650
Zones climatiques	Surface des capteurs (en m²)			
Zone 1	2 à 3	3 à 5,5	4 à 7	5 à 7
Zone 2	2 à 3	2,5 à 4,5	3,5 à 6,5	4,5 à 7
Zone 3	2 à 2,5	2 à 4	3 à 5,5	3,5 à 7
Zone 4	2 à 2,5	2 à 3,5	2,5 à 4,5	3,5 à 6

Les inconvénients

L'inconvénient majeur de cette énergie renouvelable est que le rendement maximal est en été, quand on en a le moins besoin, et que l'énergie solaire nécessite bien souvent une énergie d'appoint électrique, bois-énergie, ou encore fioul ou gaz.

Le coût d'installation d'un chauffe-eau solaire est variable.

L'investissement

Par exemple, pour la fourniture et la pose d'un chauffe-eau solaire individuel en complément d'une production déjà existante, il faut compter environ 5 000 € HT pour la pose d'un capteur solaire vitré de 4 m² en toiture, un ballon de stockage de 200 l et tout le matériel de raccordement et de fonctionnement.

Si vous optez pour un chauffe-eau individuel double énergie associé à une production de gaz, fuel ou bois-énergie, il faudra compter un capteur solaire en toiture de 4 m², un ballon de stockage bi-énergie de 300 l, un groupe de transfert avec tous les accessoires. Ne sont pas compris le raccordement primaire eau chaude sanitaire chaudière-ballon et la production de chaleur choisie.

Le prix de cette installation sera de l'ordre de 5 500 € HT.

La durée de vie d'un système est d'environ une trentaine d'années.

Rendement et rentabilité

Si l'on compare ce type d'installation à une installation traditionnelle et après déduction des aides à l'investissement et du crédit d'impôt, on estime que le chauffe-eau solaire produira de l'eau chaude sanitaire gratuite après une dizaine d'années.

Concrètement parlant, cela signifie que l'installation d'un chauffe-eau solaire peut vous permettre de couvrir de 40 à 70 % de vos

besoins dans la partie nord de la France et de 70 à 95 % dans le Sud.

Liste de fabricants de chauffe-eau solaire individuel (liste non exhaustive donnée à titre indicatif)

Société	Adresse	Code postal Ville	Téléphone	Fax	Adresse email
ApproSud Environnement	27, avenue de Toulouse	11000 Narbonne	04 68 41 82 32	04 68 41 73 92	www.approsud.com
Apex BP Solar	1, rue du Grand-Chêne	34270 Saint-Mathieu-de-Tréviers	04 99 62 26 22	04 99 62 26 23	www.apex-bpsolar.com
Buderus Chauffage	ZI du Metzgerhof – 4, rue Wilhelm-Schaeffler – BP 31	67501 Haguenau Cedex	0825 122 120	03 88 73 47 03	www.buderus.fr
Chromagen France	Centre industriel « Les Cavaliers » – 331, avenue du Docteur-Julien-Lefèbvre	06270 Villeneuve-Loubet	04 93 73 05 08	04 93 73 05 63	
Clipsol	Parc d'activités Les Combaruches	73100 Aix-les-Bains	04 79 34 35 36	04 79 34 35 30	www.clipsol.com
De Dietrich Thermique	57, rue de la Gare – BP 30	67580 Mertzwiller	0825 120 520		www.dedietrich-thermique.fr
Jacques Giordano Industries	ZI Les Paluds – 529, avenue de la Fleuride	13685 Aubagne	0800 00 30 40	04 42 70 08 70	www.giordano.fr
Phœnix Solaire	8, rue de la Cornouaille	44300 Nantes	02 40 35 19 26	02 40 35 17 76	www.phoenix-solaire.fr
Saunier Duval	Le Technipole – 8, avenue Pablo-Picasso	94132 Fontenay-sous-Bois Cedex	01 49 74 11 11	01 48 76 89 32	www.saunierduval.fr
Solaire Connexion	Chanareilles	07270 Empurany	04 75 06 34 96	04 75 06 90 43	www.solaire-connexion.com
Viessmann	Avenue André-Gouy – BP 59	57380 Faulquemont	03 87 29 17 00	03 87 94 16 55	www.viessmann.fr
Wagner & Co France	Le Grépon – 47, avenue Valioud	69110 Sainte-Foy-lès-Lyon	08[illegible]5 011 031		www.wagner-solaire.com
Weishaupt	21, rue André-Kiener – BP 31219	68012 Colmar Cedex	03 89 20 50 50	03 89 23 92 43	www.weishaupt.fr
Zenit Systèmes Solaires	45, avenue de l'Amiral-Courbet	59130 Lambersart	03 20 93 79 94	03 20 93 79 95	www.zenit.fr

Les systèmes solaires combinés

Cette énergie solaire, gratuite, non polluante et inépuisable, peut aussi couvrir une partie des besoins en chauffage de votre habitation. On parle de systèmes solaires combinés.

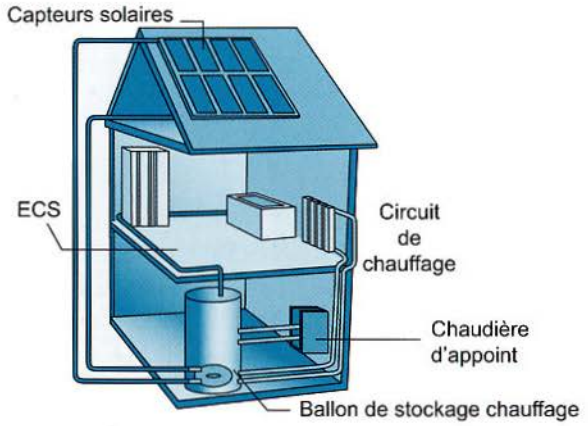
Ce type de système peut couvrir de 25 à 60 % de vos besoins annuels en matière de chauffage. C'est ainsi qu'une installation couvrant 52 % des besoins à Marseille (9 300 kWh) économisera 4 830 kWh, tandis que la même installation placée dans la même maison à Strasbourg couvrira 30 % des besoins sur une consommation de 16 300 kWh.

Cependant, le système solaire combiné est plus difficile à mettre en place dans la mesure où l'on a besoin d'eau chaude sanitaire toute l'année alors que l'on n'a besoin de chauffage qu'à certaines périodes. De même, la température de l'eau utilisée dans le circuit de chauffage est plutôt basse (entre 30 et 50 °C) alors que pour l'eau chaude sanitaire elle est beaucoup plus chaude (entre 45 et 60 °C).

Le plancher solaire direct

Des systèmes palliant ces difficultés ont donc vu le jour, comme l'hydro-accumulation. Ce système consiste à stocker la chaleur produite par les capteurs dans un volume d'eau tampon où l'on vient puiser en cas de besoin. L'énergie indispensable au chauffage est dispersée dans votre habitation, soit par des radiateurs basse température, soit par plancher chauffant ; on parlera de plancher solaire direct (PSD).

Le principe en est relativement simple : le fluide caloporteur est chauffé dans des capteurs solaires thermiques comme pour l'eau chaude sanitaire, puis circule directement (sans passer par un échangeur ou par un ballon de stockage) dans le circuit de tuyaux d'un plancher chauffant.



1.3 – Exemple de plancher solaire direct

Le plancher chauffant est une dalle de béton (béton spécial à accumulation), qui stocke la chaleur dans la journée et la restitue petit à petit dès lors que le soleil ne donne plus, donc que le béton n'accumule plus de chaleur. Votre dalle, placée au-dessus de ce circuit, joue le double rôle de stockage et d'émetteur de chaleur. La chaleur restituée est douce et uniforme.

Attention aux risques de surchauffes !

En été, l'énergie utilisée est moins importante que l'énergie produite... Pour maîtriser les éventuelles surchauffes, il est nécessaire, voire indispensable dans certaines régions (cf. carte des zones, p. 13), de prévoir une boucle de décharge ou d'autres systèmes permettant de refroidir le circuit en absorbant l'excédant d'énergie.

Le PSD comme le chauffage solaire ne permettent pas de couvrir nos besoins de chauffage en totalité, c'est la raison pour laquelle certains optent pour un plancher solaire direct avec appoint intégré (PSDAI). Le plancher chauffant contribue à distribuer la chaleur complémentaire fournie par une chaudière traditionnelle

(gaz, fioul, ou encore mieux bois). L'équilibre entre l'énergie solaire et l'appoint est assuré par le système de régulation.

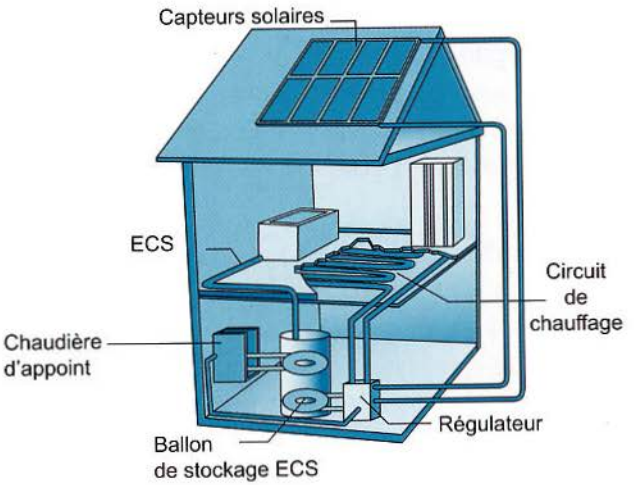


Figure 1.4 – Exemple d'installation
Source : Ademe

L'entreprise Clipsol s'est associée au développement du PSD et commercialise les équipements spécifiques (voir www.clipsol.com).

Pour info

Si vous voulez des compléments d'informations sur le PSD, l'association Asder, en Savoie, est particulièrement active dans la diffusion de cette technique.

Adresse : 562, avenue du Grand-Ariétaz, BP 99499, 73094 Chambéry Cedex – Tél. : 04 79 85 88 50 – Email : asder@infonie.fr – www.asder.asso.fr

Le système solaire combiné chauffe-eau/chauffage

L'installation de votre chauffe-eau solaire peut être combinée avec un chauffage solaire. Les systèmes de chauffage solaire sont composés de 10 à 30 m² de capteurs, couvrant de 10 à 60 % des besoins de chauffage, en plus de l'eau chaude sanitaire. Une option permet aussi de chauffer l'eau de votre piscine aux inter-saisons. On estime qu'en utilisant ce type de chauffage pour une maison individuelle, on « évite » l'émission de CO_2 de près de 1 200 kg/an.

Ce type de chauffage solaire fonctionne quasiment toujours avec un système de chauffage central classique et utilise l'eau préchauffée par le soleil dans la chaudière. Le fluide caloporteur chauffe l'eau du réservoir et repart vers les capteurs. L'eau du réservoir sert à alimenter le système de chauffage, et l'eau chaude sanitaire est produite dans un ballon immergé ou par un échangeur de chaleur.

Investissement

La fourniture et la pose d'un système combiné de production d'eau chaude sanitaire solaire et d'appoint par chauffage solaire se décomposent de la manière suivante :

- mise en place de 10 m² de capteurs solaires,
- un ballon de 750 l avec isolation thermique,
- un groupe de transfert avec tous les accessoires,
- une alimentation eau froide,
- une vanne d'inversion trois voies sur le réseau de chauffage,
- ainsi que le raccordement sur l'installation de chauffage.

Il faut compter de 10 000 à 10 500 € HT auxquels il faudra ajouter la production de chaleur d'appoint choisie, le raccordement primaire eau chaude sanitaire et le ballon.

Liste des industriels et importateurs proposant des systèmes solaires combinés (liste non exhaustive donnée à titre indicatif)

Société	Adresse	Code postal et ville	Téléphone	email
Buderus Chauffage	ZI du Metzgerhof – 4 rue Wilhelm-Schaeffler – BP 31	67510 Haguenau Cedex	0825 122 120	www.buderus.fr
Clipsol	Parc d'activités Les Combaruches	73100 Aix-les-Bains	04 79 34 35 36	www.clipsol.com
De Dietrich Thermique	57, rue de la Gare – BP 30	67580 Mertzwiller	0825 120 520	www.dedietrich thermique.fr
Jacques Giordani Industries	ZI Les Paluds, 529, avenue de la Fleuride	13685 Aubagne	0800 00 30 40	www.giordano.fr
Phœnix Solaire	8, rue de la Cornouaille	44300 Nantes	02 40 35 19 26	www.phoenix-solaire.fr
Solaire Connexion	Chanareilles	07270 Empurany	04 75 06 34 96	www.solaire-connexion.com
Wagner & Co France	Le Grépon 47, avenue Valioud	69110 Sainte-Foy-Lès-Lyon	0825 011 031	www.wagner-solaire.com
Weishaupt	21, rue André-Kiener BP 31219	68012 Colmar Cedex	03 89 20 50 50	www.weishaupt.fr
Zenit Systèmes Solaires	45, avenue de l'Amiral-Courbet	59130 Lambersart	03 20 93 79 94	www.zenit.fr

Avantages fiscaux

Vous pouvez obtenir des avantages fiscaux si vous installez ce type de matériel, à condition que ces équipements de chauffage ou de fourniture d'eau chaude sanitaire fonctionnent à l'énergie solaire et soient dotés de capteurs solaires : chauffe-eau et/ou chauffage solaire (caractéristiques et performances : capteurs solaires répondant à la certification CTSBat ou à la certification Solar Keymark).

2

Le photovoltaïque

Contrairement au solaire, le photovoltaïque fournit de l'électricité et non de la chaleur. Cette énergie électrique est issue de la transformation directe de la lumière du soleil en énergie électrique grâce à des cellules de silicium ou d'autres semi-conducteurs placés dans un capteur.

Cette énergie électrique peut :

- soit être stockée : dans ce cas, elle est contenue dans des accumulateurs, appelés batteries, et restituée à la demande, notamment si votre habitation se situe dans un lieu isolé et qu'il n'est pas possible d'être raccordé au réseau ;
- soit être convertie : grâce à un onduleur, elle est transformée en électricité et est réinjectée sur le réseau EDF.

Ce type de système peut être installé absolument partout, aussi bien en site isolé qu'en ville, sur des toits ou des façades. Certes, ce type d'électricité est encore plus cher que l'électricité dite « classique », mais son prix de production est en baisse continue, notamment grâce à l'obtention de subventions européennes (Phébus) et nationales (le prix de rachat de cette électricité est fixé à 55 c€/kWh, si votre installation est intégrée au bâti avec rachat obligatoire via un contrat de la part d'EDF, ou encore des subventions locales).

Principe de fonctionnement

Les capteurs sont en fait ce que l'on appelle des photopiles composées de matériaux semi-conducteurs, en général du silicium, convertissant directement la lumière du rayonnement solaire en énergie électrique. Les particules de lumière (ou photons) viennent choquer les électrons sur le silicium et leur transfèrent par là même leur énergie. Le silicium a subi un traitement que l'on nomme dopage dont le but est d'orienter tous les électrons dans le même sens comme une diode. Un courant apparaît aux bornes de cette photopile que l'on transfère au réseau ou à des batteries.

En matière de capteurs, il existe deux grandes formes de technologie, le silicium cristallin et le silicium amorphe :

- Le silicium cristallin, mono- ou polycristallin, est une technologie qui a fait ses preuves. La durée de vie de ces capteurs est de plus de trente ans et le rendement des cellules de l'ordre de 15 %. Ce type de cellules est adapté à la production de puissance de l'ordre de quelques centaines de watts comme de quelques kilowatts.
- Le silicium amorphe possède des coûts de fabrication nettement plus faibles que ceux du silicium cristallin. On l'utilise pour les calculatrices, les luminaires de secours, les Abribus, des réverbères... en fait, pour les technologies où peu d'électricité est nécessaire. Le rendement de ce type de technologie est de moitié par rapport au silicium cristallin.

Les capteurs

En ce qui concerne les capteurs, vous pouvez opter soit pour le capteur photovoltaïque classique soit pour la tuile photovoltaïque.

Les panneaux photovoltaïques

Les technologies faisant l'objet de recherche sont les technologies dites « en couches minces ». Il s'agit d'assembler trente-six cellules en série et de les encapsuler entre deux couches de verre. La durée de vie de ces modules est aussi de trente ans.

Des avantages multiples

La totalité des besoins en énergie électrique assurée

Sachez que les besoins moyens en électricité pour une famille de quatre personnes sont de 3 000 kW/an. Une installation de 18 à 24 m^2 de panneaux photovoltaïques peut couvrir la totalité de vos besoins en énergie électrique sur un an, chauffage compris.

Estimations

On estime que pour une maison de 100 m^2, la pose de 20 m^2 de panneaux solaires suffit à la production d'électricité. La consommation électrique ne représentera que 12 % de la consommation totale en énergie du logement.

Un système facilement adaptable

On notera qu'aucune modification du système de chauffage n'est nécessaire. D'autre part, les crédits d'impôt se cumulent avec les subventions de vos régions voire de vos départements.

EDF signe avec vous un contrat de vingt ans durant lesquels elle s'engage à racheter votre électricité à 55 c€/kW si vous avez intégré votre système au bâti et à vous le revendre à 15 c€/kW.

Les tuiles photovoltaïques

En ce qui concerne l'installation photovoltaïque sous forme de tuiles, comme présentée ici, il faut compter un investissement, hors crédit d'impôt de 20 000 à 22 000 € TTC. Ce sont des

modules de 0,5 m² couverts de cellules photoélectriques. Ils sont installés par kit de vingt modules, soit 10 m². L'étanchéité de ces modules s'avère parfaite. La puissance potentielle est de 1 kWc, soit une puissance produite de 1 000 kWh par an. Les conditions optimales sont une pente de 30°, plein sud. Le matériel est garanti vingt-cinq ans à 95 % de rendement.

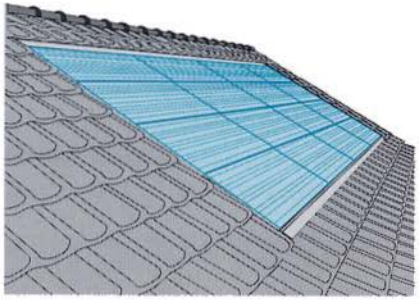


Fig. 2.1 – Tuile photovoltaïque
Source : Sunasol

Les revenus moyens pour une installation de 20 m² sont de 1 100 €/an pour une production de 2 000 kWh, c'est-à-dire un rapport annuel de 10 % environ par rapport à l'investissement de départ, crédit d'impôt inclus pour un couple sans enfant.

Une installation raccordée au réseau

Le principal avantage de ce type de raccordement est de vous éviter de stocker cette électricité dans des batteries. Les panneaux photovoltaïques transforment le rayonnement solaire en électricité. Un onduleur convertit directement l'électricité produite en courant pouvant être réinjecté dans le réseau EDF qui vous le rachète suivant le contrat signé.

Installation spécifique

De plus en plus de villes mais aussi de collectivités territoriales souhaitent installer des horodateurs, des réverbères, ou encore des panneaux de signalisation fonctionnant avec de l'électricité produite par un petit panneau photovoltaïque relié lui-même à un accumulateur. Et ce, afin d'éviter l'électrification de parties nouvelles et des coûts excessifs pour alimenter électriquement ces secteurs.

Ce type de panneau solaire, d'une puissance de 7 ou 8 W, voire un peu plus, n'est pas raccordé au réseau et génère une économie de frais de raccordement estimé à 1 000 €. La consommation moyenne d'un horodateur raccordé au réseau est de l'ordre de 600 W. Le coût du kilowatt est de 15 c€ ; le montant de la consommation annuelle d'un tel appareil s'élève à 90 € TTC. Le prix de l'horodateur est de 610 €. Si l'on ne tient pas compte du raccordement, le retour sur investissement est de six-sept ans.

Ce type d'installation devrait se développer dans les années à venir et compte tenu des subventions et du rachat par EDF, les particuliers auraient aussi tout intérêt à se tourner vers ce type de production, qui les aidera à devenir indépendants énergétiquement parlant.

Crédit d'impôt

En matière de crédit d'impôt, celui-ci est cumulable avec la revente d'électricité à Edf par contrat. Cependant, la capacité globale de production des équipements concernés ne doit pas excéder 3 kWc (puissance-crête) et se situer dans l'habitation principale du demandeur.

Le crédit d'impôt de 50 % accordé sur le matériel pour l'installation d'un système de production d'électricité d'origine photovoltaïque sur votre bâti a fait l'objet d'une note parue le 21 novembre 2006. Ce

texte émane de la Direction générale des impôts, direction de la législation fiscale, et précise : « Le local dans lequel les équipements sont installés doit, pour ouvrir droit au crédit d'impôt, être affecté à l'habitation principale du contribuable ».

À savoir

L'installation d'un équipement destiné en tout ou partie à la production d'énergie renouvelable en vue de sa revente n'ouvre pas droit, en principe, à l'avantage fiscal.

Toutefois, il est admis que les dépenses d'installation de systèmes de fourniture d'électricité, qui répondent aux conditions fixées par l'arrêté du 9 février 2005 modifié, ouvrent droit au crédit d'impôt lorsque la part de l'énergie vendue n'est pas prépondérante au regard de la capacité de production de ces équipements.

Ces éléments ne touchent pas que la production d'électricité photovoltaïque mais toutes les productions d'électricité issues d'énergies renouvelables que l'on peut revendre à EDF ou à un autre acheteur.

Nul doute que les choses vont encore évoluer très prochainement.

Si vous faites le choix de stocker l'énergie produite dans des batteries, alors ces mesures ne vous concernent pas et vous pouvez toujours bénéficier d'avantages fiscaux pour l'installation de panneaux photovoltaïques... qui doivent cependant répondre à certains critères : ce sont des systèmes de fourniture d'électricité à partir de l'énergie solaire photovoltaïque – caractéristiques et performances : norme EN 61215 ou NF EN 61646.

Pour plus dinfo

Si vous souhaitez davantage d'information sur le matériel et le crédit d'impôt, rendez-vous sur le site www.impots.gouv.fr ou www.hespul.org;

3

Le bois-énergie

Le bois-énergie connaît un engouement certain, en particulier chez les personnes ayant choisi de construire à la campagne, ainsi que chez les habitants des régions relativement boisées comme l'est de la France.

L'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) a grandement participé à la relance de ce type d'énergie avec **le Plan bois-énergie et développement local (PBEDL)** auquel ont participé onze régions, permettant ainsi la mise en service de **190 chaufferies.**

Constats

En 1999, la reprise de la politique de maîtrise de l'énergie avec le Programme national d'amélioration de l'efficacité énergétique a permis de mettre en place un nouveau programme plus ambitieux pour la période 2000-2006 : le programme Bois-Énergie. Il touche désormais l'ensemble des régions françaises et bénéficie des contrats de Plan État-Régions ainsi que du soutien de multiples partenaires.

Ce programme vise à poursuivre le développement de chaufferies bois urbaines et industrielles, mais aussi à promouvoir la

modernisation des conditions d'utilisation du bois-énergie sur le marché du chauffage domestique.

Un choix judicieux

Le bois-énergie est une énergie renouvelable qui contribue à la lutte contre l'effet de serre et le réchauffement climatique puisqu'il recycle dans l'atmosphère le gaz carbonique émis lors de la combustion du bois, ou de ses dérivés, qui est absorbé ensuite par les forêts. Une gestion intelligente de notre domaine sylvicole doit être de mise. De plus, une telle utilisation constitue une excellente exploitation des sous-produits et déchets de la filière bois et participe à la gestion rationnelle des forêts, donc au maintien des équilibres hydrologiques et climatiques.

La ressource est quasi illimitée dans notre pays à condition de pratiquer une gestion responsable de nos forêts. La forêt française s'étend sur 15 millions d'hectares et permet donc d'envisager une utilisation du bois-énergie dans les prochaines années avec une certaine sérénité. Actuellement, la consommation de bois-énergie est de 40 millions de m^3/an, se décomposant en 25 millions de m^3 d'origine forestière et 15 millions de m^3 issus des sous-produits de la forêt. Cette consommation équivaut à 9 millions de tep/an (ou tonnes équivalent pétrole), soit 4 % des besoins des Français en énergie.

Les différentes formes de bois-énergie

La bûche

C'est sans doute le plus connu et le plus ancien des combustibles. La bûche est plus spécialement utilisée dans les cheminées, les inserts, les poêles à bois, ou encore certaines chaudières à

bois assez anciennes. Elle demeure le combustible le plus consommé par les particuliers.

Le prix (entrée chaudière) : 3,05 c€ TTC/kWh

La plaquette forestière

Ce combustible est fabriqué par broyage des sous-produits de la forêt comme les branches mortes, les écorces, les bois de rebus, les rémanents de haies… Les normes de fabrication sont strictes et garantissent qualité et performance du produit. On l'achète soit à la tonne soit à la MAP (Mètre cube apparent plaquette). La granulométrie moyenne de ce produit est de 4 × 2 × 1 cm. On l'utilise principalement dans les chaudières automatiques actuelles et dans les chaufferies collectives.

Le prix (entrée de chaudière) : 1,53 c€ TTC/kWh

Le granulé bois

Appelé encore « pellet », c'est le combustible bois le plus récent. Il a la forme d'un petit cylindre de 1 cm sur 4 à 5 cm de long, composé de sciure de bois fortement compressée (100 bars de pression) qui ne contient ni colle ni agent chimique. La sciure est agglomérée grâce à sa propre humidité ou à de l'amidon. Le pouvoir calorifique de ce combustible est assez élevé ; on l'utilise dans des chaudières à alimentation automatique ou dans des poêles prévus pour ce combustible. Le prix du granulé bois a beaucoup augmenté pour atteindre 220 €/t livrée, il tend à diminuer et à se stabiliser à 180 €/t livrée.

Le prix (entrée de chaudière) : 3,05 c€ TTC/kWh

Les différents appareils de chauffage au bois

En France, environ 6 millions de maisons individuelles sont chauffées au bois. La majorité de ces chauffages sont de conception ancienne avec des rendements relativement faibles. On estime que le remplacement de ces appareils par des matériels plus modernes permettrait de gagner 30 à 40 % sur le rendement combustion. De plus, les personnes gagneraient en confort dans la mesure où ces nouveaux appareils générèrent moins de cendre et disposent d'une alimentation automatique – donc une simplicité d'utilisation identique à une cuve de fioul ou une alimentation au gaz.

Les cheminées, inserts et foyers fermés

La cheminée reste une valeur sûre, elle est dotée d'une connotation positive auprès des particuliers. Souvent, on l'utilise plus pour son agrément que pour se chauffer. Les cheminées traditionnelles ont un rendement inférieur à 10 %, voire négatif lorsque le tirage est trop important.

On voit apparaître depuis quelques années des systèmes de récupération de la chaleur des fumées. Les calories sont ensuite renvoyées sous forme d'air chaud dans la pièce ou dans d'autres pièces de la maison. Le rendement de ce type de cheminée est de l'ordre de 30 %.

D'autres systèmes encore plus performants, les inserts tout comme les foyers fermés, permettent d'obtenir des rendements pouvant aller jusqu'à 75 %.

L'investissement pour un insert ou un foyer fermé oscille entre 750 et 3 850 €.

Les poêles performants

Le poêle à bois peut être utilisé comme chauffage d'appoint ou en chauffage principal. Il est performant au niveau qualité de chauffage et demeure économiquement très intéressant. Les poêles en faïence permettent une bonne accumulation de la chaleur tout comme les poêles à catalyse. Ces matériels disposent d'une arrivée d'air secondaire permettant une meilleure combustion.

Leur rendement peut atteindre 85 %.

L'investissement pour ce type de matériel varie de 640 à 2 050 € pour les poêles à catalyse et jusqu'à 9 150 € pour les poêles en faïence.

Fabricants de poêle (liste non exhaustive à titre indicatif) :

www.cheminees-center.com

www.ceramique-regnier.fr

http://poele.faience.free.fr

http://cheminee-chambery-savoie.chemineesdes2savoie.com

www.zunino.fr

http://www.aquavpc.com/cheminees,450.htm (cet annuaire regroupe l'ensemble des fabricants de cheminées)

Les chaudières à bûches

La qualité de combustion comme de rendement des chaudières à bûches dépend de l'admission de l'air dans le foyer.

Les chaudières à tirage naturel

Ce type de chaudière peut être à combustion montante (rendement de 55 %), à combustion horizontale (rendement de 60 %) ou inversée (rendement de 65 %). La qualité du rendement

vient de la position du bois. Et du support sur lequel il se trouve. Dans la combustion inversée, il est posé sur une grille – d'où une humidité moindre –, les flammes s'étendent au travers de la grille. Le bois a donc la possibilité de sécher davantage avant de brûler, ce qui permet un meilleur rendement.

Les chaudières à tirage forcé ou turbo

Ces chaudières sont à combustion inversée et sont équipées d'un ventilateur électrique soufflant l'air de combustion, ou encore d'un extracteur aspirant les fumées. La combustion s'avère de fait de très bonne qualité et le rendement aussi, de l'ordre de 75 %. On peut régler la puissance de fonctionnement de la chaudière.

Le coût de ce type d'installation est de 3 800 à 7 000 €.

Les chaudières turbo avec hydroaccumulation

Le système stocke un grand volume d'eau, le liquide conserve toute l'énergie accumulée durant le fonctionnement de la chaudière. Au démarrage de la chaudière, l'eau chaude accumulée est donc envoyée vers les radiateurs. Lorsque les pièces ont atteint la température fixée au départ, la chaudière poursuit son fonctionnement maximal et chauffe l'eau stockée dans le ballon qui prendra le relais lors d'une future demande. Ce système a entre autres avantages de limiter la durée de fonctionnement de la chaudière, d'en accroître de fait la longévité et de limiter le chargement en combustible à une fois par jour. Le volume d'hydroaccumulation idéal est de quinze à vingt fois le volume du foyer de la chaudière.

À l'investissement, le coût de cette installation (ballon et chaudière) va de 7 500 à 11 000 €.

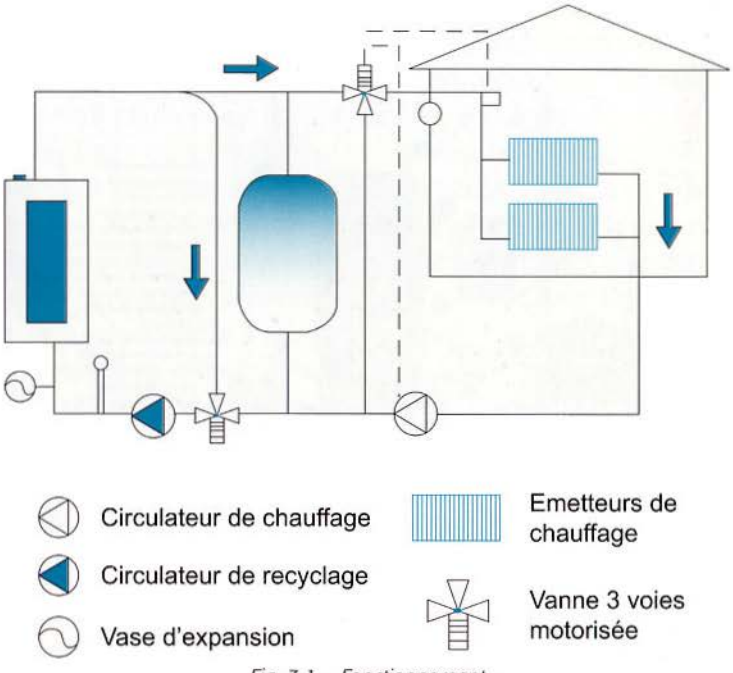


Fig. 3.1 – Fonctionnement

Les chaudières à bois déchiqueté

Ce type de chaudière s'adresse plus particulièrement au petit collectif, tertiaire, urbain, ou encore aux utilisations industrielles. Rien n'empêche un particulier d'avoir ce type de chaudière, cependant il est important de disposer d'une place suffisante pour implanter un silo de minimum 30 m^3 – qui correspond pour un particulier à un an de combustible. La livraison se fait soit par camion si le silo est enterré, soit par soufflerie ou tapis si le silo est au niveau du sol.

L'allumage se fait de manière électrique grâce à un interrupteur. La chaudière est alimentée automatiquement en fonction de la

demande par une vis sans fin qui amène le bois dans la chambre de combustion.

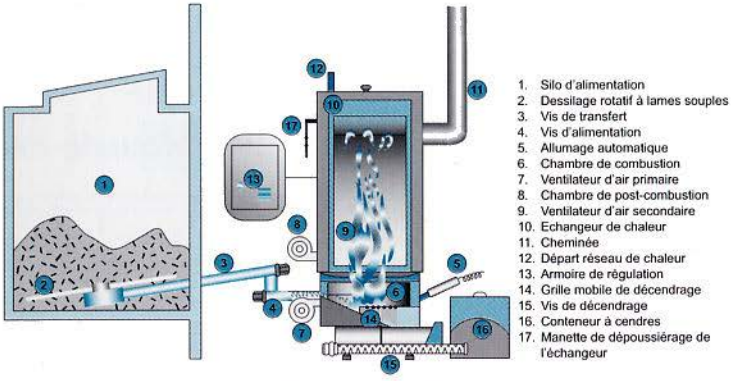

1. Silo d'alimentation
2. Dessilage rotatif à lames souples
3. Vis de transfert
4. Vis d'alimentation
5. Allumage automatique
6. Chambre de combustion
7. Ventilateur d'air primaire
8. Chambre de post-combustion
9. Ventilateur d'air secondaire
10. Echangeur de chaleur
11. Cheminée
12. Départ réseau de chaleur
13. Armoire de régulation
14. Grille mobile de décendrage
15. Vis de décendrage
16. Conteneur à cendres
17. Manette de dépoussiérage de l'échangeur

Fig. 3.2 – Fonctionnement

Les cendres générées par la combustion de la plaquette forestière (moins de 2 %) sont récupérées dans un container à évacuation manuelle ou automatique, et les poussières issues de la combustion et contenues dans les fumées sont collectées par un filtre. Ce filtre permet d'éviter des rejets dans l'atmosphère et d'être conforme aux objectifs de protection de l'environnement. Le rendement de combustion de ce type de chaudière est d'environ 80 %, ce taux peut être obtenu grâce à une évolution de la conception des foyers.

Une étude préalable de faisabilité, par un bureau d'études spécialisé, devra être prévue en amont du projet. Le coût d'une telle installation est de 9 000 à 14 000 € – hors aide de l'Ademe voire de la Région. Le coût du combustible est estimé à 11 c€/kWh. Le temps de retour sur investissement irait de trois à cinq ans hors subventions.

Les chaudières à granulés bois

Ce type de chaudière est particulièrement bien adapté pour les particuliers. Le granulé bois, ou pellet, a vu le jour aux États-Unis

après le premier choc pétrolier. Constituée à 100 % de bois, cette sciure est issue de déchets de scieries ou de la transformation de déchets de l'industrie du bois. Il existe trois possibilités de conditionnement pour ce type de combustible : en sac de 15 à 25 kg, en « big bag » de 1 200 kg, ou par camion. Le pellet est entreposé dans un silo permettant de stocker 7 m^3, soit une autonomie d'un an environ. Vous pouvez l'utiliser soit dans un poêle à granulés soit dans une chaudière à granulés. Ce produit possède un pouvoir calorifique de 4 600 kWh/t. Une tonne de granulés correspond à 3 stères de hêtre ou bien 460 l de fioul. Le prix actuel est d'environ 180 €/t par camion, soit 1 000 €/an pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Si vous faites le choix de la livraison en sacs, il vous en coûtera 260 €/t.

Il est à noter que les granulés bois craignent l'humidité. Le combustible peut donc se détériorer et devenir moins performant voire inutilisable.

Les poêles à granulés

Le poêle à granulés peut être utilisé en chauffage d'appoint ou comme chauffage principal pour des maisons à besoin faible en énergie (petite surface) ou très bien isolées. Les puissances des poêles à granulés actuels varient de 5 à 15 kW avec une autonomie de quelques heures à plusieurs jours. Le combustible est alors stocké soit directement dans le poêle soit dans un petit silo. Le poêle est allumé et régulé par commande électronique (qui nécessite un réglage préalable). Les derniers modèles peuvent être pilotés à distance.

Vous pouvez même raccorder votre poêle à un système de chauffage central ou faire en sorte qu'il produise l'eau chaude nécessaire à votre habitation.

Le prix varie selon la puissance fournie, l'autonomie et les performances des commandes électroniques ; il faut compter de 2 000 à 4 000 €.

Les chaudières à granulés

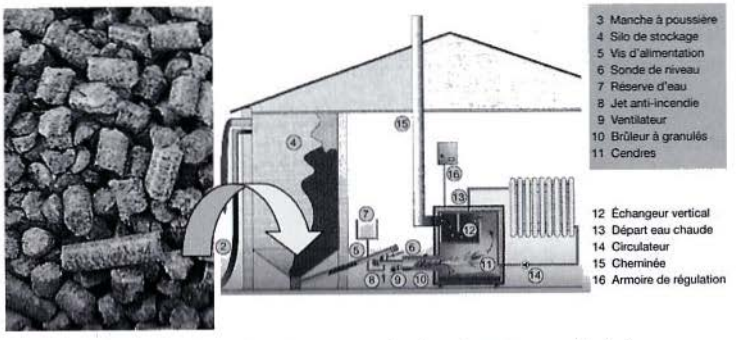


Fig. 3.3 – Exemple de système de chaudière à granulés bois

Les chaudières à granulés assurent l'intégrité de vos besoins en chauffage. Ce type de chaudière peut fonctionner aussi bien en haute qu'en basse température et être couplé à un chauffage solaire. Il est important de construire un silo à granulés à proximité de votre chaudière. Le silo est en béton classique et se termine par un cône métallique ; vous avez aussi maintenant la possibilité d'acheter une chaudière à granulés bois avec silo en tissu spécifiquement étudié pour l'usage. Les granulés descendent par gravité et une vis sans fin ou bien un système d'aspiration ou de trémie alimente un brûleur à granulés, adapté sur la chaudière, d'une puissance de 15 kW ; puis une seconde vis placée dans le brûleur amène les granulés jusqu'au foyer du brûleur. L'air primaire et l'air secondaire nécessaires à la combustion proviennent d'un ventilateur. Une chaudière bien réglée pollue moins et nécessite moins de combustible. Les propriétés des granulés varient d'une marque à l'autre, il est important de faire régler sa chaudière si l'on change de fournisseur. De même, il est

obligatoire, comme pour tous les autres appareils de chauffage, de faire effectuer deux ramonages par an des conduits de fumées. Les puissances des chaudières à granulés varient de 12 à 100 kW. Le chauffage central aux granulés est aussi simple d'utilisation qu'une chaudière au fioul ou au gaz. Ce type de chaudière possède un très haut rendement, de 85 à 90 %, et permet de brûler la totalité de la matière, générant très peu de cendre. Les cendres sont automatiquement évacuées dans un réceptacle prévu à cet effet. Un seul décendrage par an est nécessaire. En ce qui concerne les risques incendie, des trappes coupe-feu et des injections d'eau sont prévues. La chaudière à granulés peut aussi assurer la production d'eau chaude sanitaire en hiver voire aux intersaisons ; en été un chauffe-eau solaire – dont le coût est d'environ 10 000 € pour 10,5 m² de capteurs intégrés en toiture, le ballon de stockage, la régulation et la pose – prend le relais afin de ménager la chaudière à granulés.

Le coût d'une installation complète comprenant chaudière, silo, hydraulique de la chaudière, pour une maison, varie de 11 000 à 20 000 €, sans les aides financières.

Liste des fabricants de chaudières à granulés (liste non exhaustive donnée à titre indicatif)

La Jurassienne – 7 bis, rue Victor-Bérard, 39300 Champagnole. Tel. 03 84 52 52 97

Froeling – 42, chemin du Bretzel, 68140 Munster. tel. 03 89 77 25 79

Okofen – 26, avenue du Mont-Saint-Michel, 73000 Barberaz. tel. 04 79 65 01 71

Énergie Système – L'Espinglette, RN 120, 19430 Saint-Julien-le-Pèlerin. tel. 05 55 28 70 41

Hertz (SB Thermique) – Au Combiau, 38460 Dizimieu. tel. 04 74 90 43 08

Nolting France (Weiss France) – 410, route de Thônes, 74210 Faverges. tel. 04 50 44 56 75

.../...

.../...

Hargassner France Sud-Est-Köb – La Grand'Terre, 07400 Sceautres. tel. 04 75 52 45 55

Chaudière à trémie (liste non exhaustive donnée à titre indicatif)

Baxi (HS France) – 1, rue Andersen, 67870 Bischoffsheim. tel. 03 88 49 27 57

Liste des fabricants et distributeurs de granulés bois (liste non exhaustive donnée à titre indicatif)

Société	Adresse	Code postal	Ville	Téléphone	Fax
SAS Fontaine des Auges	42, rue Fontaine-des-Auges	39350	Gendrey	03 84 81 01 04	03 84 81 09 38
Cogra 48	ZI de Gardès	48000	Mende	04 66 65 34 63	04 66 65 22 24
Savoie Pan	ZI n°2 de Frontenex – BP 10	73460	Tournon	04 79 38 5[illegible] 04	04 79 38 52 70
Batitechniques	Rue du Lebac	84750	Saint-Martin-de-Castillon	04 90 75 14 49	04 90 75 14 49
Hall de la Cheminée	Regourd-Sud	46000	Cahors	05 65 35 51 76	05 65 22 27 59
Lignatech Franche-Comté	Route de Santans	39700	Our	03 84 70 30 79	03 84 70 30 79
Bois 2R	7, rue Grégoire-de-Tours	37400	Amboise	02 47 30 60 40	02 47 30 60 41
Ougier SA	ZI du Maxard – BP 17	88340	Val-d'Ajol	03 29 30 63 77	03 29 30 90 12
Éco Chauffe 39	Avenue Édouard-Herriot	39300	Champagnole	03 84 51 25 88	03 84 51 25 88
La Maintenance verte	5, rue du Tanin	67833	Lingolsheim Cedex	03 88 78 34 37	03 88 76 12 27
Chauf Éco Système	Le Chanterel	73330	Domessin	04 79 84 72 56	04 79 84 73 86
Minatel	ZA de Pompignal	31190	Miremont	05 61 50 64 00	05 61 08 69 06
Ambiance Énergie	20, rue de Betheny – La Neuvillette	51100	Reims	03 26 86 70 54	03 26 86 70 56

Avantages fiscaux pour les chaudières bois

Au niveau soutien financier, vous pouvez obtenir un crédit d'impôt de 50 % sur le montant du matériel hors taxes pour les poêles comme les chaudières ou tous les systèmes de chauffage solaire ou au bois. Les poêles labellisés « Flamme verte » bénéficient d'une TVA à 5,5 % pour les logements de plus de deux ans.

Ces avantages sont soumis à quelques obligations dont nous vous donnons le détail ci-dessous.

Sont concernés les équipements de chauffage ou de production d'eau chaude fonctionnant au bois ou autres biomasses dont le rendement énergétique doit être ≥ 65 %. Pour ces équipements, le niveau de performance requis correspond aux normes indiquées ci-après : poêles, norme NF EN 13240 ; foyers fermés, inserts de cheminées intérieures, normes NF EN 13229 ou NF D 35376 ; cuisinières utilisées comme mode de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire, norme NF EN 12815 ; chaudières autres que les chaudières à condensation ou à basse température mentionnées au A, dont la puissance thermique est inférieure à 300 kW et le rendement ≥ 65 %, normes NF EN 303.5 ou NF EN 12809.

Un choix économique

Économiquement parlant, le bois énergie est un combustible concurrentiel dont le prix n'est pas soumis aux fluctuations des cours internationaux des monnaies et des carburants mais à celui de l'offre et de la demande. En tant qu'énergie qualifiée de « propre », son emploi ne sera pas concerné par l'application de l'écotaxe sur l'énergie. Certes, le coût d'installation d'une chaufferie reste encore sensiblement plus important pour le bois que pour le fioul ou surtout le gaz. Mais cet inconvénient est désormais pondéré, sur tout le territoire français, grâce aux aides accor-

dées par l'Ademe et les régions dans le cadre du programme Bois-Énergie 2000-2006.

Ces aides permettent d'amortir plus rapidement les investissements et d'ouvrir de nouvelles perspectives au marché des chaudières bois, donc d'en abaisser progressivement le coût.

Quelques chiffres

L'utilisation de 4 m^3 de bois-énergie permet d'économiser 1 t de pétrole (tep ou tonne équivalent pétrole) et d'éviter en moyenne l'émission de 2,5 t de CO_2 dans l'atmosphère.

De plus, ces énergies renouvelables ont entre autres avantages de créer de nouveaux emplois en particulier dans les régions rurales. C'est ainsi que le ramassage, la transformation et l'utilisation de bois-énergie sont des vecteurs puissants du développement de l'emploi. La filière bois-énergie génère l'équivalent de **20 000 emplois en France** (soit, en moyenne, un emploi pour 2 000 m^3 de bois-énergie valorisés).

Tout comme l'énergie solaire, le bois-énergie nécessite une énergie d'appoint en particulier pour l'eau chaude sanitaire l'été.

4

La géothermie et l'aérothermie

Qu'est-ce que la géothermie ?

La géothermie est une énergie renouvelable, écologique et disponible à volonté. Le chauffage géothermique puise la chaleur naturelle dans la terre pour la transformer en chaleur utilisable dans la maison sous forme de chauffage, par l'intermédiaire d'un générateur.

Cette énergie est considérée comme quasiment inépuisable. Car elle est renouvelée en permanence grâce au captage des calories naturellement stockées dans le sol et régénérées par le rayonnement solaire, les pluies, le vent et la conductivité thermique du sol. Ces calories sont ensuite amenées à un plancher chauffant basse température via une pompe à chaleur. Le compresseur de la pompe à chaleur géothermique a besoin d'énergie électrique, fournie par un moteur électrique. Il faut savoir que pour **1 kWh consommé**, votre habitation recevra l'équivalent de **3 à 4 kWh de chaleur** voire plus, **jusqu'à 5,7 kWh.** Cette manœuvre est rendue possible grâce à un principe issu de la thermodynamique et habituellement utilisé dans les systèmes frigorifiques.

Le chauffage géothermique offre des solutions adaptables à la plupart des constructions, individuelles ou collectives.

Le principe de fonctionnement

La clé de votre système est la pompe à chaleur. C'est une machine thermodynamique composée d'un circuit fermé dans lequel passe un fluide frigorigène se trouvant soit à l'état gazeux soit à l'état liquide, suivant les parties du circuit, et qui transite par un évaporateur, un compresseur, un condenseur et un détendeur, ainsi que par des éléments de fiabilisation et de sécurisation du circuit.

Le compresseur (la majorité des fabricants de pompe à chaleur utilise des compresseurs Scroll) compresse le fluide frigorigène. Le condenseur met en contact le liquide frigorigène et la source chaude apte à capter les calories à haute température.

Le détendeur thermostatique diminue la pression du fluide liquide ; enfin l'évaporateur met en contact thermique le liquide frigorigène avec la source froide et lui restitue les calories.

Le condenseur et l'évaporateur constituent les échangeurs thermiques

Le travail de cette pompe à chaleur consiste à prélever de la chaleur dans le sol, en augmenter la température et restituer une chaleur plus élevée dans votre logement.

Les fluides frigorigènes ont évolué et ne contiennent désormais plus de chlore, puissant destructeur de la couche d'ozone. Vous veillerez à ce que le fluide contenu dans votre circuit soit hydrofluorocarbures (HFC) de type R407C, R410A ou R417A.

Le captage

Le captage peut s'effectuer de deux manières. D'abord sous forme horizontale. Cette technique est utilisée lors de constructions neuves et lorsque la surface du terrain n'est pas trop petite. Il faut savoir que la surface de capteurs nécessaire à un chauffage correct d'une maison est d'une fois et demie à deux fois la surface à chauffer. Pour une maison de 100 m^2, la surface de capteurs nécessaire en horizontal sera de 150 à 200 m^2. Dans tous les cas, les capteurs sont posés dans le sol pour le captage horizontal, à une profondeur de 60 et 80 cm voire plus dans les régions où la terre gèle davantage en profondeur (régions montagneuses). Ils permettent de collecter l'énergie contenue dans le sol et de la transmettre vers le générateur. Le système le plus courant et le plus facile à installer, c'est ce réseau horizontal de capteurs. Il permet de capter de l'ordre de 12 à 40 W/m^2, selon que votre sol est rocailleux, sec et ombragé, le plus favorable étant un sol humide, sablonneux et moyennement ensoleillé.

Fig. 4.1 – Mise en place d'un circuit de captage horizontal

Si vous souhaitez remplacer votre chauffage par un chauffage géothermique et que les abords de votre maison sont déjà plantés ou si votre terrain est trop petit, vous pouvez avoir recours au captage vertical. Une entreprise réalisera un forage vertical composé de quatre tubes en double U. Ces tubes ne sont pas en contact direct avec la terre mais entourés de bentonite (mélange d'argile et de ciment). La profondeur de votre forage est limitée à 80 m en région parisienne mais peut atteindre jusqu'à 100 m en province. La capacité d'absorption calorifique moyenne de ce type de capteur est d'environ 50 W/ml de forage ; elle peut atteindre néanmoins jusqu'à 70 W/ml pour un sol humide.

Le coût du forage vertical est de l'ordre de 150 à 200 €/ml TTC dans la région parisienne, moins en Province.

La pompe à chaleur

Vous pouvez choisir différents systèmes de pompes à chaleur : les pompes sol/sol, sole/eau, eau/eau (voir p. 50), mais quel que soit le choix sur lequel vous vous êtes arrêté, vous avez besoin d'une pompe à chaleur (PAC) pour assurer les transferts de calories du circuit primaire vers le circuit secondaire. Cette opération requiert une énergie minimale nécessaire notamment à l'alimentation du compresseur de la PAC. Ce besoin énergétique est faible au regard du gain restitué qui est de l'ordre de trois à quatre fois. Ce qui signifie que 1 W nécessaire pour faire tourner le compresseur de la pompe restitue 4 W en énergie à la sortie du circuit. Cette différence correspond au coefficient de performance (COP) qui est de quatre environ pour une pompe à chaleur.

La pompe à chaleur est utilisée prioritairement pour la production de chaleur et pour le chauffage des bâtiments. Ce n'est pas le seul usage, puisque certains fabricants vous proposeront l'installation d'un ballon d'eau chaude capable de récupérer une partie de la chaleur après le compresseur et avant le condenseur. Cette

fonction n'est assurée que pendant la période de chauffage, d'où la nécessité de disposer pour l'été d'une résistance électrique dans le ballon prenant alors le relais.

Cette énergie que vous obtenez en sortie de pompe à chaleur est ensuite transmise à un plancher chauffant basse température qui diffuse les calories provenant des capteurs extérieurs et de la pompe à chaleur. Ce type de plancher possède le meilleur rapport « confort/calories ». Compte tenu de son importante superficie d'échange, il ne nécessite pas une forte température en surface, de l'ordre de 28 à 30 °C. Des radiateurs nécessiteraient une température d'au moins 45 °C, ce qui induit des besoins en énergie nettement plus important, donc un COP beaucoup plus faible.

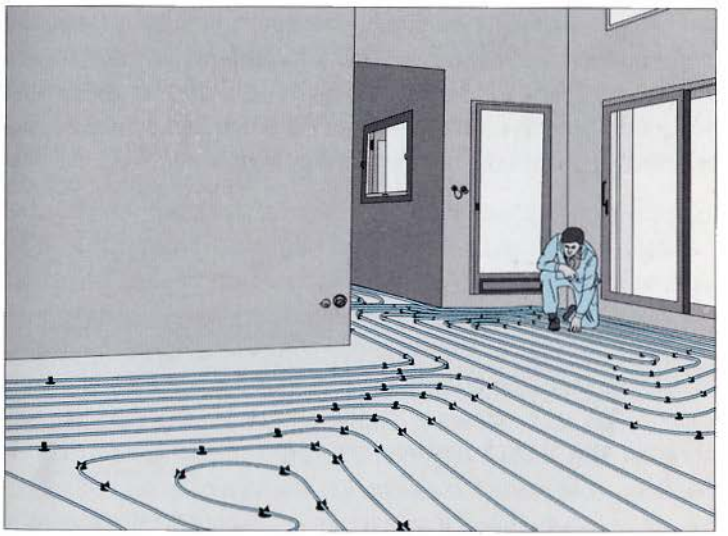


Fig. 4.2 – Installation du plancher chauffant

Mise en place d'un plancher chauffant basse température

Un plancher chauffant est posé sur une dalle en béton classique ou bien sur une chape d'enrobage avec armature en treillis soudés, ou une chape anhydrite, et repose sur une couche d'isolation thermique ; celui-ci est placé dans un guide tubes.

Si vous faites le choix de dalle flottante, votre béton doit impérativement être dosé à 350 kg minimum de ciment par mètre cube de béton. Utilisez des agrégats naturels comme le sable et les gravillons dont la granulométrie ne dépasse pas 16 mm. La conductivité du béton doit être supérieure à 1W/m.k.

La dalle d'enrobage ne doit pas avoir une trop grande inertie thermique, on utilisera donc des chapes liquides anhydrites, des chapes traditionnelles, auxquelles on ajoutera un adjuvant. Le dosage préconisé est de 1 l d'adjuvant pour 100 kg de ciment. L'isolant thermique de 4 cm est soit du polystyrène expansé, soit du polystyrène extrudé, soit de la mousse polyuréthane.

En rénovation, il arrive que l'on ne puisse pas poser un plancher chauffant à basse température ; on peut alors avoir recours à un système mural. Comme pour un plancher, on déploie un réseau de tubes à partir du sol jusqu'au plafond en veillant à augmenter le pas au fur et à mesure que l'on s'approche du plafond. Une fois fixé au mur, le circuit est recouvert d'un enrobage à base de plâtre si l'on veut utiliser le système pour le chauffage uniquement, ou bien à base de ciment si l'on souhaite l'utiliser pour le chauffage et le rafraîchissement. On maintient les serpentins par une armature métallique avant de les recouvrir. Il existe une variante, peut-être plus facile à mettre en œuvre : il s'agit d'un doublage à base de plaques de plâtre ou de ciment fixées sur des rails à clips maintenant les tuyaux, qui ne sont de fait pas enrobés, mais superficiellement enduits.

On peut aussi envisager de la haute température, l'eau chaude sera à une température de l'ordre de 45 à 50 °C et circulera dans un circuit de radiateur classique. Cette solution est particulièrement bien adaptée à la rénovation.

Les matériaux utilisables avec un plancher chauffant

Il est important de veiller à bien choisir son revêtement de sol de manière à ce que le plancher chauffant ait le maximum d'efficacité.

La résistance thermique du revêtement de sol ne doit pas excéder 0,15 m^2.K/W (cf. DTU 65) pour le chauffage seul et 0,09 m^2.K/W avec le rafraîchissement.

En clair, nous allons vous donner quelques éléments, mais les carrelages, marbres, parquets collés sans isolant ne posent pas de problème ; il faut être plus attentif si vous choisissez des revêtements PVC isolé, parquet flottant, car certains sont incompatibles comme le parquet contrecollé, les revêtements stratifiés flottants, les moquettes, les dalles à envers de bitume…

Voici un tableau vous donnant quelques éléments pour faciliter votre choix :

Matériaux	Résistance thermique haute (m^2.°C/W)
Tapis épaisseur 10 mm	0.15
Tapis épaisseur 8 mm	0,12
Tapis épaisseur 6 mm	0,09
Tapis épaisseur 4 mm	0,06
Carrelage 5 mm	0,005
Carrelage 10 mm	0,008

.../...

.../...

Carrelage 20 mm	0,017
Moquette standard 5 mm	0,080
Moquette standard 10 mm	0,15
Parquet chêne ou hêtre épaisseur 2 cm	0,086
Parquet chêne ou hêtre épaisseur 1 cm	0,043
Parquet résineux épaisseur 2 cm	0,133
Parquet résineux épaisseur 1 cm	0,066
Dalle PVC, revêtement plastique	0,025
Revêtement P.V.C 5 mm avec isolant 10 mm	0,175
Revêtement P.V.C 5 mm avec isolant 8 mm	0,145
Revêtement P.V.C 5 mm avec isolant 6 mm	0,115
Revêtement P.V.C 5 mm avec isolant 4 mm	0,085
Revêtement marbre 20 mm avec isolant 10 mm	0,16
Revêtement marbre 20 mm avec isolant 8 mm	0,13
Revêtement marbre 20 mm avec isolant 6 mm	0,10
Revêtement marbre 20 mm avec isolant 4 mm	0,07

Les différents types de pompes à chaleur

Il existe différents types de pompe à chaleur. Votre choix sera fonction du lieu d'implantation de votre construction et de l'environnement proche.

Quel que soit le type de système choisi, votre pompe à chaleur fonctionnera toujours de la même manière : il vous faudra toujours capter la chaleur dans l'air, l'eau ou le sol et la restituer après passage dans une pompe à chaleur via un plancher chauffant basse température, des radiateurs ou des splits.

Vocabulaire

Split (de l'anglais : scinder) : se dit habituellement des pompes à chaleur air/air (le plus souvent destinées à climatiser) dont les échangeurs ne sont pas dans la même enveloppe, par opposition aux machines monobloc. Un échangeur se trouve dans une unité placée à l'extérieur de l'habitation avec le compresseur et les organes annexes du circuit frigorifique, l'autre échangeur prend place dans l'habitation. Par extension, les multi-splits désignent les configurations où il existe plusieurs échangeurs intérieurs (un par pièce idéalement). Une unité extérieure peut être couplée à 3 ou 4 échangeurs intérieurs.

Pour plus de renseignements à ce sujet vous pouvez vous reporter à l'ouvrage *Les pompes à chaleur* de Bruno Béranger, paru aux Éditions Eyrolles.

Le schéma classique d'un tel système :

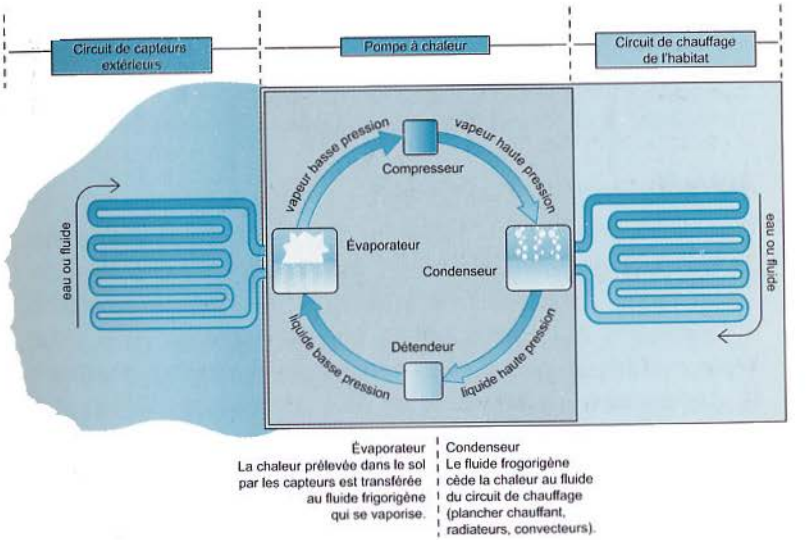
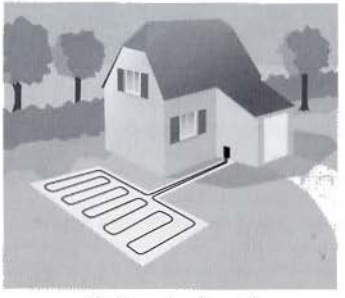
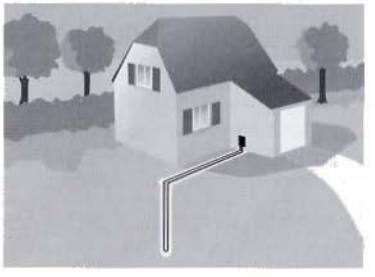

Circuit de capteurs extérieurs
Pompe à chaleur
Circuit de chauffage de l'habitat
vapeur basse pression
vapeur haute pression
Compresseur
Évaporateur
Condenseur
Détendeur
liquide basse pression
liquide haute pression
eau ou fluide
eau ou fluide
Évaporateur
La chaleur prélevée dans le sol par les capteurs est transférée au fluide frigorigène qui se vaporise.
Condenseur
Le fluide frogorigène cède la chaleur au fluide du circuit de chauffage (plancher chauffant, radiateurs, convecteurs).

Fig. 4.3 – Schéma de fonctionnement

Dans votre maison, le chauffage est assuré par un plancher chauffant et/ou par des radiateurs. Le plancher chauffant présente les meilleurs résultats en termes de confort et de régulation. Les radiateurs sont aussi utilisables pour une installation dans l'existant et pour un plancher traditionnel en bois ; dans une salle de bains, il existe aussi la solution du sèche-serviettes.



Captage horizontal



Captage vertical

Fig. 4.4 et 4.5 – Géothermie
Source : Géo-innovation

Sol/sol

Dans les systèmes dits « à détente directe », le fluide frigorigène circule dans le capteur enterré et dans le plancher chauffant en circuit fermé, à l'intérieur de la maison ; les deux circuits sont indépendants et séparés par la pompe à chaleur (PAC). Le capteur extérieur constitue l'évaporateur, et le plancher chauffant, le condenseur. L'évaporation et la condensation s'effectuent progressivement, d'où une optimisation de l'efficacité. Cette solution ne permet pas de régler le chauffage pièce par pièce. Vous pouvez opter pour plusieurs compresseurs de manière à chauffer plusieurs zones de votre maison à la température voulue. Par contre, certains fabricants proposent l'option chauffe-eau. Ce dernier est intégré entre le compresseur et le condenseur, et vous permet d'avoir de l'eau chaude « gratuitement » tant que le chauffage est en route. En été, une résistance électrique prend le relais dans votre chauffe-eau.

Ce procédé n'est utilisable qu'avec des capteurs horizontaux.

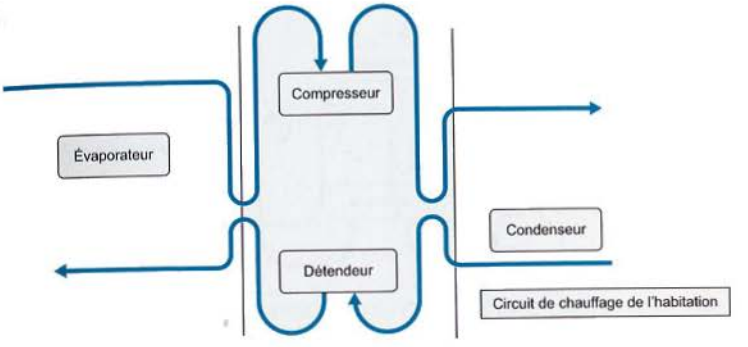


Fig. 4.6 – Fonctionnement sol/sol

Le coût en matière d'investissement est de l'ordre de 70 à 100 € TTC par mètre carré chauffé, hors eau chaude sanitaire et rafraîchissement.

Le coût en fonctionnement est de l'ordre de 2 à 3,5 € TTC par mètre carré et par an.

Sol/eau

Un capteur en tube de cuivre gainé de polyéthylène à l'intérieur duquel circule le fluide frigorigène prélève l'énergie dans le sol. La chaleur est transmise par le fluide frigorigène vers le générateur de la PAC qui libère l'énergie nécessaire au chauffage. La chaleur est acheminée dans la maison via un circuit hydraulique par un chauffage à eau chaude traditionnel. L'évaporation a lieu directement dans le capteur extérieur. Le générateur dispose d'un condenseur qui permet de libérer l'énergie pour chauffer l'eau circulant dans le plancher chauffant ou les radiateurs. Ce dispositif

est particulièrement bien adapté en rénovation puisqu'il offre la possibilité d'utiliser un réseau de radiateurs existants.

Ce procédé n'est utilisable qu'avec des capteurs horizontaux.

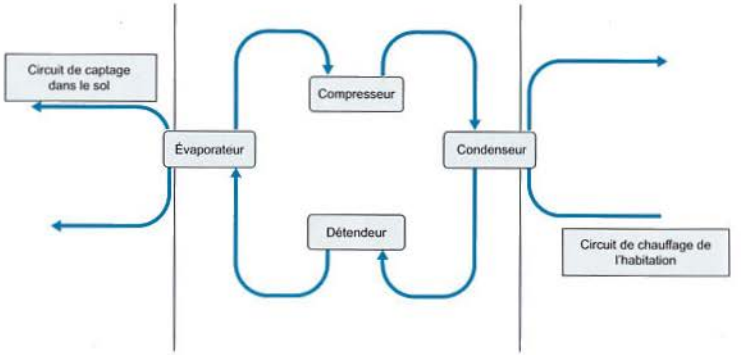


Fig. 4.7 – Fonctionnement sol/eau

Eau/eau

Un capteur en tube de cuivre gainé de polyéthylène à l'intérieur duquel circule l'eau glycolée (avec antigel) pour les capteurs extérieurs et l'eau pour le plancher chauffant permet de capter la chaleur de l'eau et de transporter l'énergie dans les capteurs. La chaleur est transmise par l'eau vers le générateur de la PAC qui libère l'énergie nécessaire au chauffage de votre habitation.

Le générateur dispose d'un compresseur et d'un détendeur, plus deux échangeurs où s'effectuent l'évaporation et la condensation libérant l'énergie pour chauffer l'eau. Tout comme le système sol/eau, il est aussi possible d'utiliser un réseau de radiateurs existants tout en sachant que la température maximale est de 45 °C. En captage horizontal, la surface exigée est supérieure à celle d'un système sol/sol ; en général, on préférera l'implantation de capteurs verticaux qui ont l'inconvénient d'être plus chers.

Ce procédé est utilisable en capteurs horizontaux et verticaux.

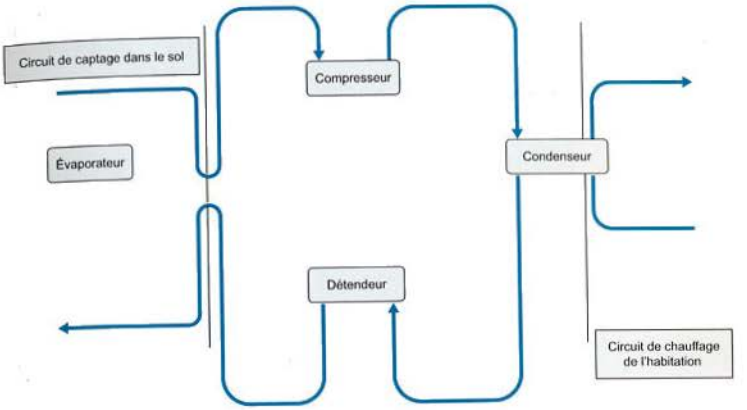


Fig. 4.8 – Fonctionnement eau/eau

Le coût en matière d'investissement est différent selon que vous choisissez des capteurs horizontaux ou verticaux.

Si vous choisissez des capteurs horizontaux avec l'option chauffage seul, le coût varie de 85 € TTC par mètre carré chauffé à 135 € TTC par mètre carré chauffé avec l'option chauffage et rafraîchissement.

Si vous choisissez le système à capteurs verticaux, le prix sera de 145 à 185 € TTC par mètre carré chauffé.

Le coût de fonctionnement est de 2 à 3,5 € TTC par mètre carré et par an.

Nappe phréatique

Ce type de pompe à chaleur ne peut être installé que dans des habitations se trouvant au-dessus de la nappe phréatique avec un débit d'eau suffisant et constant, de l'ordre de 3 m^3/h. Cette technique consiste à puiser la chaleur de l'eau. À 15 m de profondeur, la température de l'eau d'une nappe phréatique varie entre 7 et 12 °C, en été comme en hiver.

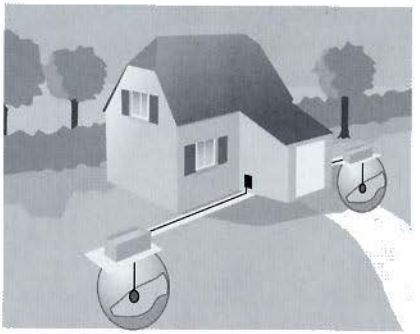


Fig. 4.9 – Géothermie sur nappe phréatique
Source : Géo-innovation

La technique consiste à effectuer deux forages sur nappe phréatique à une profondeur de 3 à 4 m à l'intérieur de la nappe – profondeur à laquelle il faut ajouter la distance pour atteindre cette nappe.

La pompe à chaleur capte donc l'énergie contenue dans les calories de l'eau de cette nappe, qui demeure à température quasi constante d'environ 10 °C. Le système pompe l'eau par forage et la rejette soit dans un deuxième forage, en aval du premier, soit dans un puits perdu.

Les puissances et le rendement développés sont supérieurs aux autres systèmes de captage.

L'eau de la nappe, puisée dans un puits de captage, est rendue à la nappe phréatique par un puits de refoulement après récupération de chaleur. C'est un circuit ouvert.

Le rendement d'une installation à circuit ouvert sur nappe phréatique est le plus élevé (ratio entre cinq et six, c'est-à-dire que le système restitue jusqu'à six fois plus d'énergie qu'il n'en consomme).

L'inconvénient de ce type de système demeure le prix puisqu'un forage vertical coûte aux environs de 150 à 200 €/ml TTC.

Pour savoir si votre habitation se situe au-dessus d'une nappe phréatique, vous pouvez contacter le BRGM (Bureau de recherche géologique et minier) à la DDE de votre département.

L'eau chaude sanitaire

Vous pouvez produire de l'eau chaude sanitaire directement grâce à votre pompe à chaleur. Certaines PAC à détente directe proposent cette possibilité, de même que d'autres fabricants de pompes à chaleur dites « classiques ». Votre eau chaude est donc produite la nuit voire durant l'heure de midi en cas de besoin. Prenez conseil auprès de votre fabricant.

Il vous propose aussi une innovation : le chauffe-eau thermodynamique sur air extrait, pour les habitations d'une surface habitable supérieure à 160 m^2. En effet, votre VMC rejette chaque jour une quantité d'énergie non utilisée ; avec ce nouveau système, les calories sont captées et accumulées dans un ballon d'eau chaude. Votre système est donc constitué de votre VMC, d'un ballon de 300 l et d'un générateur thermodynamique.

Votre chauffe-eau fonctionne sur le principe d'une pompe à chaleur air extrait/eau.

Au lieu de rejeter la chaleur à l'extérieur, le chauffe-eau capte cette énergie et la transfère à l'eau chaude sanitaire contenue dans le ballon par l'intermédiaire de deux échangeurs en Inox. Le contrôle de la température de l'eau chaude est assuré par un thermostat, et une résistance électrique de 2 400 W peut prendre le relais pour une mise en température élevée afin d'éviter la légionellose ou en secours.

L'installation aéraulique se fait au moyen de gaines de 125 mm de diamètre, isolées thermiquement de manière à supprimer les risques de condensation et limiter les pertes de chaleur.

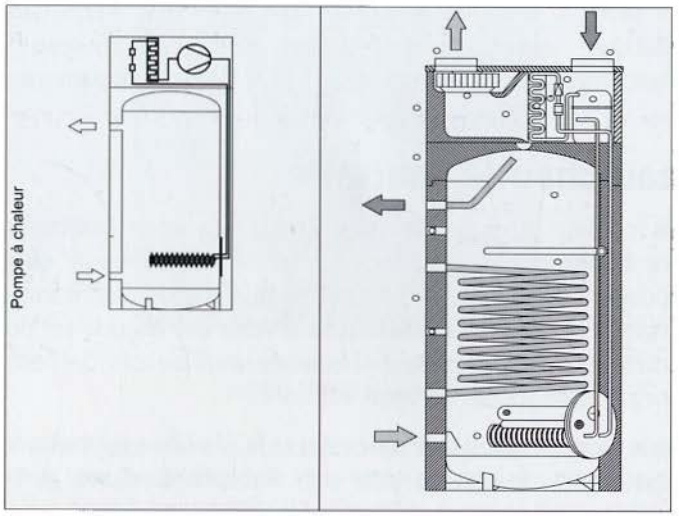


Fig. 4.10 – Schéma d'installation

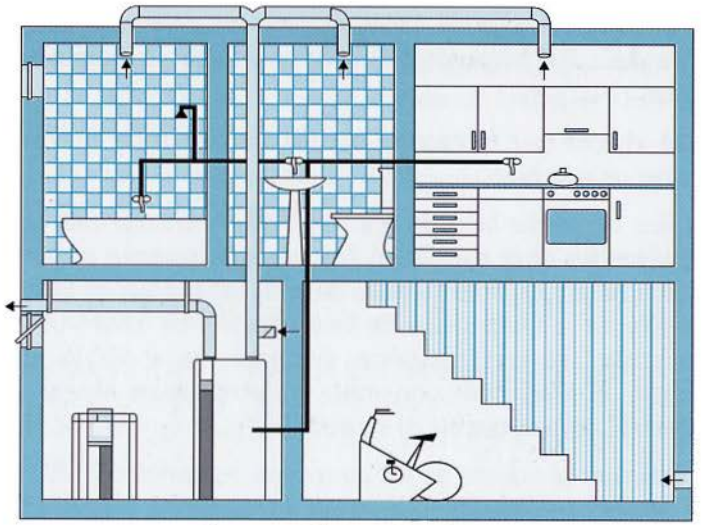


Fig. 4.11 – Schéma d'installation

Les bouches d'extraction seront à débit fixe, de type autoréglables ; il faut donc exclure les bouches de type hydroréglables.

Prévoir un raccordement vers l'égout de manière à éliminer les eaux de condensation.

Le COP peut atteindre 4,7 avec un COP moyen de 3,5. Le coût de ce type d'installation est de 3 400 €.

Cette nouvelle possibilité de production d'eau chaude par récupération de la chaleur de la VMC vous permet d'avoir de l'eau chaude tout au long de l'année pour moins de 100 €/an et ce, pour une famille de quatre personnes.

Comment déterminer vos besoins ?

En clair, quelle est la puissance nécessaire pour chauffer votre habitation ?

L'isolation de votre maison se mesure par la résistance thermique (RTh) ; plus cette résistance est élevée, mieux votre maison est isolée.

La puissance nécessaire pour chauffer une habitation est donnée par la formule :

$$P = (T\ ext. - T\ int.) / RTh$$

Où « T ext. » représente la température extérieure et « T int. », la température intérieure. « RTh » indique la résistance thermique en K/W.

Depuis le début du XXIe siècle, le marché de la pompe à chaleur ne cesse de croître avec des augmentations de 30 à 40 % par an, pour atteindre plus de 50 000 foyers aujourd'hui.

La performance d'une pompe à chaleur est déterminée par le COP (qui indique, rappelons-le, le coefficient de performance).

COP de Carnot
= T source chaude / (T source chaude – T source froide)

Plus l'écart de température entre la source chaude et la source froide est faible, meilleur est le coefficient de performance. Le COP est donc :

COP = énergie totale / énergie dépensée

Le principe est le même quel que soit votre choix. Le point de départ est toujours le captage de la chaleur du sol grâce à un capteur, un générateur et un réseau de diffusion de la chaleur.

Pour simplifier les choses, on peut dire que la pompe à chaleur géothermique est en quelque sorte un réfrigérateur fonctionnant à l'envers puisque la pompe à chaleur prélève la chaleur dans le sol et la restitue à l'intérieur des bâtiments.

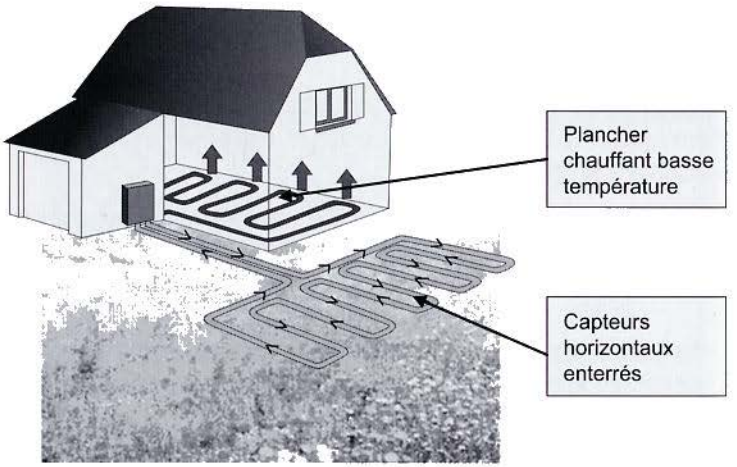


Fig. 4.12 – Exemple de système de chauffage géothermique à captage horizontal

Évaluation de vos besoins

Nous pouvons vous donner un moyen de déterminer vos besoins en chauffage, qui demanderont ensuite à être affinés par le bureau d'étude thermique de la société qui dimensionnera votre matériel (besoin en chaleur exprimé en W/m²) :

- construction ancienne avec isolation thermique d'origine : 75 W/m² ;
- construction récente avec une bonne isolation thermique : 50 W/m² ;
- maison à faible consommation d'énergie : 30 W/m².

Il vous suffira de multiplier votre besoin en chaleur par la surface habitable à chauffer pour obtenir votre besoin global en chaleur.

Ensuite, il vous faudra déterminer le rendement annuel de chauffage – il s'exprime en kWh ; c'est en fait le niveau d'énergie chaleur qu'il vous faut obtenir sur un an. Cette donnée est extrêmement importante pour le dimensionnement de votre installation géothermique.

L'aérothermie

Ce système valorise la chaleur contenue dans l'air extérieur. Cette source de chaleur est facile à exploiter, elle ne nécessite pas de capteurs importants et coûteux à installer, pas plus que d'autorisation spéciale. L'air contient une énergie calorifique qui peut être utilisée par un système aérothermique adapté. Un ventilateur dirige l'air vers un échangeur thermique qui en absorbe les calories et les transmet à un fluide frigorigène (pompe à chaleur air/eau). Comme pour les autres procédés, le fluide est monté en pression, ce qui a pour effet d'accroître sa chaleur et de conserver les calories capturées précédemment.

Le système aérothermique est composé de capteurs aériens installés sur le mur extérieur de l'habitation, à la place de capteurs enterrés dans le sol.

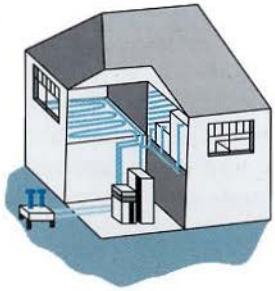


Fig. 4.13 – Système aérothermique
Source : Ochsner

Un équipement de dégivrage est intégré à la pompe à chaleur de manière à garantir un fonctionnement sans problème jusqu'à des températures inférieures à – 18 °C. Il est recommandé d'envisager une **implantation séparée** de ce type d'appareils, avec l'installation de la pompe à chaleur à l'intérieur ; l'évaporateur peut quant à lui être placé à l'extérieur sans aucun problème. De fait, il n'y a pas de courant d'air, l'installation est plus silencieuse, et sa durée de vie comme sa rentabilité sont améliorées.

Auparavant, lorsque la température était trop basse, l'évaporateur en contact avec l'air extérieur pouvait geler et occasionner des dysfonctionnements. Même si les pompes sont pourvues d'une régulation inversant pour un court instant leur processus, cela pouvait être insuffisant en cas d'évaporateur trop gelé.

Voilà donc, sommairement expliquées, les différentes possibilités en matière de pompe à chaleur.

Un modèle économique

Les économies réalisables peuvent atteindre 75 % sur votre budget chauffage. L'énergie contenue dans le sol, l'air ou l'eau étant gratuite, vous êtes donc votre propre producteur d'énergie. Avec cette énergie inépuisable, vous pourrez vous chauffer tout l'hiver quelle que soit la

température, et vous économiserez 75 % sur votre budget chauffage. De plus, certains fabricants de pompe à chaleur offrent la possibilité d'incorporer le chauffe-eau dans l'installation, vous êtes assurés d'avoir de l'eau chaude gratuitement tout au long de l'année. Faites effectuer une étude thermique par un bureau d'études agréé, cela vous confirmera les économies potentielles.

Le chauffage géothermique ou aérothermique ne rejette dans l'atmosphère aucun gaz – ni dioxyde de soufre, ni dioxyde d'azote ; il s'avère donc propre, contrairement au chauffage fioul, gaz ou encore charbon.

Il est totalement écologique et sans danger pour la Terre et pour ses habitants.

Le chauffage par géothermie ou aérothermie s'est particulièrement développé ces derniers temps et a atteint un niveau de fiabilité important. Pour obtenir un certain agrément, je ne saurais trop vous conseiller de vous adresser à des spécialistes de ce type d'installation, possédant un bureau d'étude thermique – soit propre à la société, soit rattaché à la société –, de manière à avoir une installation dimensionnée au mieux, qui vous donnera par la suite le maximum de satisfaction.

D'autre part, la géothermie comme l'aérothermie sont indépendantes de la météorologie, vous obtenez du chauffage et de l'eau chaude sanitaire tout au long de l'année et à votre demande. Ce type de chauffage est devenu très modulable ; vous pouvez assurer le chauffage en hiver et le rafraîchissement en été.

La réversibilité : une option non négligeable

Quel que soit le système géothermique choisi, vous pouvez demander la réversibilité : le condenseur devient alors l'évaporateur de la pompe et l'évaporateur, condenseur. Votre pompe à chaleur puise les calories dans votre logement pour les systèmes à détente

directe, système sol/sol, ou bien dans le réseau hydraulique de l'habitation pour les systèmes eau glycolée/eau ou sol/eau, et les rejette dans les capteurs enterrés. On parle de rafraîchissement car il s'agit d'un refroidissement modéré de l'air avec un abaissement de la température de l'ordre de 5 à 7 °C – il faut en effet éviter une condensation de l'humidité de l'air dans le plancher.

La puissance maximale que l'on peut recueillir en inversion de cycle à 18 °C est de 100 W/m^2.

Le chauffage de la piscine

Votre système géothermique peut aussi assurer le chauffage de l'eau de votre piscine. Le plancher chauffant est isolé, et la production de chaleur servant au chauffage de l'eau de la piscine s'effectue dans un échangeur de chaleur. Un système de régulation automatique vous donne la possibilité de chauffer votre habitation tout en chauffant en même temps votre piscine, avec une priorité donnée au chauffage de la maison.

Conclusion

Le chauffage géothermique comme aérothermique possède de très nombreux avantages mais ne bénéficie pourtant pas d'une publicité aussi importante que le solaire. Toutes les énergies renouvelables ont leur spécificité, leurs qualités et leurs inconvénients.

La géothermie possède l'inconvénient de ne pas être très bien adaptée à la rénovation, surtout si vous ne possédez pas de plancher chauffant. C'est l'une des seules réserves que j'émettrais. L'aérothermie palliera cette déficience à condition que votre maison soit suffisamment isolée et placée dans une zone adaptée pour ce type de chauffage, donc de préférence en zone H2 ou H3 de la carte (p. 13), voire dans certains cas H1, mais pas en montagne ou dans des lieux trop froids en hiver.

Cependant, les progrès ne cessent de croître dans le domaine de la pompe à chaleur, et certains fabricants peuvent vous installer des systèmes fonctionnant ponctuellement jusqu'à -15 °C. L'avantage de la géothermie verticale est de ne pas nécessiter un terrain important, contrairement à la géothermie horizontale qui demande une surface de capteurs représentant une fois et demie à deux fois la surface à chauffer. La géothermie verticale reste encore chère au niveau du coût du forage.

C'est une énergie propre et inépuisable, puisque chaque jour, où que vous soyez en France ou ailleurs, notre planète est réchauffée par les rayons du soleil qu'elle stocke sous forme de calories. Cela ne nécessite de fait aucune livraison, ni stockage d'énergie.

Le coût de votre installation est sensiblement identique à celui d'une chaudière fioul ; il faut ajouter la fourniture et la pose des capteurs qui sont rapidement amorties eu égard au coût de fonctionnement qui s'élève à quelques centaines d'euros par an pour une maison standard.

La géothermie est aussi très souple d'utilisation : vous pouvez aussi adjoindre à votre chauffage un chauffe-eau, le chauffage de votre piscine le cas échéant, ainsi que le rafraîchissement de votre habitation pour des surcoûts tout à fait acceptables.

Au niveau confort, les avantages sont identiques à ceux « offerts » par un chauffage par rayonnement via un plancher basse température.

Quant aux inconvénients en construction neuve, je citerais les travaux de forage ou de terrassement pour la pose des capteurs verticaux ou horizontaux.

La géothermie est indépendante des aléas climatiques, contrairement à l'énergie solaire qui atteint son potentiel maximal en été quand on en a le moins besoin.

L'énergie géothermique devrait bénéficier d'une promotion plus importante car elle est adaptée à toutes les situations en cas de construction neuve. En outre, elle ne génère pas de gaz à effet de serre, ni de pollution d'aucune sorte.

Installateurs

En matière d'installateur de pompe à chaleur, je vous conseillerai de vous adresser à des installateurs possédant un bureau d'étude thermique qui vous propose de calculer les déperditions thermiques de votre installation avant toute chose.

Elle devrait connaître un essor important au cours du XXIe siècle.

5

L'éolien

En date du 29 janvier 2007, le cumul de puissance éolienne installée en France continentale, Corse, DOM et Saint-Pierre-et-Miquelon s'élevait à **961 906 kW**.

Fin 2006, la France a atteint 1 500 MW de puissance éolienne installée. La région Centre devient la première région en termes de production avec 240 MW, devant le Languedoc-Roussillon, 215 MW. Viennent ensuite la Bretagne, la Champagne-Ardenne et la Lorraine, avec respectivement 168 MW, 102 MW et 100 MW installés. L'objectif étant 3 000 MW installés à la fin de l'année 2007.

Notre pays est actuellement au huitième rang européen en termes de puissance installée ; avec 20 200 MW, l'Allemagne garde toujours la première place, en Europe comme au niveau mondial – devant l'Espagne, 11 300 MW.

Cependant, force est de constater que la production d'électricité d'origine éolienne reste encore marginale en France même si en 2005 elle permettait d'alimenter 1,24 million d'habitants (hors chauffage).

Les objectifs en matière de production d'électricité d'origine éolienne restent ambitieux.

En effet, daté du 7 juillet 2006, l'arrêté PPI (Programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité) fixe des objectifs élevés de développement de parc éolien : 13 500 MW en 2010 dont 1 000 MW en mer, et 17 000 MW en 2015 dont 4 000 MW en mer. Or, au regard du retard français, les pouvoirs publics comme les professionnels ont conscience que ces objectifs seront difficiles à atteindre. Pour le Syndicat des énergies renouvelables (SER), « près de 10 000 MW pourraient être opérationnels en 2010 mais à condition que les obstacles d'aujourd'hui soient levés et que n'en surgissent pas de nouveaux. Ce développement sera largement tributaire de la bonne mise en œuvre d'un cadre réglementaire ».

La loi POPE du 13 juillet 2005 (loi de programmation fixant les orientations de la politique énergétique) abroge le seuil des 12 MW nécessaires à l'obligation de rachat par EDF de l'électricité produite, mais définit des zones de développement de l'éolien. Le dispositif d'obligation d'achat (8,2 c€/kWh) est désormais réservé aux installations implantées dans le périmètre des zones dites « de développement de l'éolien » (ZDE) arrêtées par les préfets sur proposition des communes concernées, en fonction de leur potentiel éolien, des possibilités de raccordement aux réseaux électriques, de la préservation des paysages, des monuments historiques et des sites remarquables et protégés. Une transition d'une durée de deux ans doit permettre une évolution sans difficulté du système actuellement en vigueur vers le système des ZDE.

Au préalable...

Avant d'envisager l'installation d'une éolienne, il est impératif de faire une étude de vent, étudier si l'endroit où vous désirez l'installer est suffisamment balayé par le vent. Il faut savoir qu'il est nécessaire d'avoir un site à 7 m/s de vent moyen pour

assurer une certaine rentabilité en cas de choix de revente au réseau.

D'autre part, votre éolienne doit se situer à une distance de moins d'un kilomètre d'une ligne moyenne tension pour pouvoir transférer l'énergie ; au-delà, le prix du raccordement ne permettrait pas une rentabilité correcte.

Vous devez aussi vous informer auprès de la Diren locale (Direction régionale de l'environnement) de la possibilité d'installer une éolienne à l'endroit que vous avez choisi.

L'espace doit être suffisant pour implanter un aérogénérateur qui doit se situer à plus de 500 m de toute habitation pour une éolienne moyenne.

Le petit éolien est caractérisé par des machines fournissant de 0 à 60 kW. Le bruit généré par une éolienne est de l'ordre de 45 dB.

Le coût au kilowatt installé de ce type de machine est de plus de 2 000 €. En clair, cela signifie que si vous faites le choix d'installer une machine de 5 kW, il vous en coûtera plus de 10 000 €.

Comment fonctionne une éolienne ?

Une éolienne est composée d'un aérogénérateur qui transforme une énergie mécanique en énergie électrique. L'énergie fournie par la force du vent fait tourner les pâles par l'intermédiaire d'une génératrice qui est en fait un alternateur de courant continu. Ce courant subit ensuite une transformation dans le convertisseur de courant alternatif puis est directement réinjecté dans le réseau.

Les composants d'une éolienne (modèle WindMaster) – vous n'installerez pas ce type d'éolienne chez vous mais cela vous donnera une idée du fonctionnement de ce système :

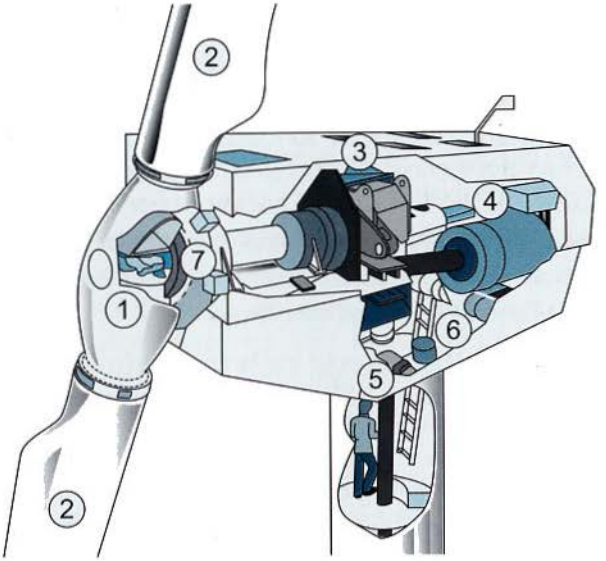


Fig. 5.2

1. Rotor • 2. Pâles • 3. Multiplicateur • 4. Génératrice • 5. Mécanisme d'orientation de la nacelle • 6. Système hydraulique • 7. Frein

Tous les composants font appel à des technologies de pointe connues et éprouvées, pouvant être réalisées en France – d'où un potentiel de développement économique et de création d'emplois important.

Vous pouvez installer chez vous des aérogénérateurs (encore appelés éoliennes) raccordés au réseau ou non (un permis de construire est nécessaire pour les machines de plus de 12 m de haut).

Raccordement au réseau

Si vous faites le choix d'être raccordé au réseau, un accord fixe un tarif moyen d'achat de 7,3 c€/kWh pendant quinze ans. Les compagnies d'électricité rachètent le courant à prix fort les cinq premières

années : 8,38 c€/kWh ; puis les dix années suivantes, le prix de rachat varie de 3,05 à 8,38 c€/kWh suivant la durée de fonctionnement constatée sur la première période (cinq ans). La rémunération maximale concerne les sites les moins ventés : donc plus il y a de vent, moins le tarif de rachat est élevé. Ce système est effectif pour les projets voyant le jour en 2001 et 2002. Au-delà, cette rémunération diminuera de 2 à 3 % par an. Cette dernière solution est économiquement et techniquement beaucoup plus pertinente.

Consommation personnelle non raccordée

Si vous choisissez de produire pour votre consommation personnelle, l'électricité obtenue sera stockée dans des batteries.

La société Vergnet, dans son concept Proxwind, tout comme France-Éolienne commercialisent des kits raccordés. Ce sont des machines de 1 à 2,7 kW (pâle de 3 à 5 m de diamètre) avec régulateur, onduleur, mât (de 12 à 18 m), câble. L'installation et la mise en service sont assurées par la société.

L'investissement varie de 8 500 à 43 000 € TTC, et la production annuelle de 2 300 à 9 000 kWh.

Où se renseigner ?

Vous pouvez obtenir des renseignements complémentaires sur les sites suivants (liste non exhaustive donnée à titre indicatif) :

www.france-eoliennes.com
www.suivi-eolien.com
www.actioneoliennes.levillage.org
www.compagnons-eole.org
http://fr.groups.yahoo.com/group/petit-eolien/
www.ewea.org
www.krugwind.com

6

Les petites centrales hydrauliques

La France dispose d'environ 1 500 petites centrales hydrauliques (PCH) soit 2 000 MW installés. Elles sont gérées par des producteurs indépendants ou des communes. On notera que toute installation d'une puissance inférieure à 12 MW est considérée comme une petite centrale hydraulique et peut-être exploitée par tout un chacun à condition d'en obtenir l'autorisation.

Ces installations donnent 8 TWh/an, dont 4 TWh directement par EDF, et représentent 6 % de la production électrique nationale. On considère que le potentiel de sites au fil de l'eau non exploités pourrait fournir de l'ordre de 5 TWh/an, ce qui correspond à la consommation annuelle de près de 1,5 million de foyers (hors chauffage). Cette production permettrait d'économiser plus de 1 million de tonnes équivalent pétrole et fournirait un courant moins cher que les solutions classiques centralisées.

À l'heure actuelle, ces petites installations représentent un chiffre d'affaires de 350 millions d'euros et près de 2 000 emplois.

Principe de fonctionnement

L'énergie hydraulique utilise l'énergie des cours d'eau ou des chutes pour transformer la force motrice de l'eau en électricité ; le poids de l'eau ainsi que sa vitesse actionnent une turbine qui entraîne un générateur électrique. L'électricité produite est ensuite utilisée directement ou stockée dans des accumulateurs. Enfin, l'eau est restituée à la rivière.

Aujourd'hui, l'hydroélectricité représente 15 % de la production d'électricité en France. Son développement actuel et futur est essentiellement basé sur les petites centrales hydrauliques d'une puissance inférieure à 10 MW.

Les petites centrales hydrauliques et l'environnement

La qualité de l'eau est conservée puisque seul un volume de 10 % du débit d'eau peut être turbiné – donc les propriétés physico-chimiques de l'eau sont préservées. On observera que ces centrales ne libèrent aucun rejet gazeux, ni rejet solide. Certains exploitants vont même jusqu'à dépolluer les rivières puisqu'ils éliminent les rejets solides, les pneus, les objets plastiques….

Un projet hydraulique nécessite une prise en compte globale de l'environnement (faune, flore, paysage) et des activités locales (pêche de loisir, canoë-kayak, etc.). Dans ces conditions, les PCH peuvent devenir de formidables outils de développement local et durable. La vente du courant électrique peut permettre de financer la réhabilitation de nombreux moulins, et ainsi préserver un patrimoine précieux. De plus, une fois amorties, les installations exploitées par les collectivités locales permettent de gagner de l'argent, mais aussi de réduire les charges énergétiques et de créer des emplois non délocalisables. Les entreprises ayant fait ce choix, voient leur compétitivité croître puisque leurs charges énergétiques baissent alors. Les PCH constituent aussi une diversification d'activité économique. La

mise en valeur du patrimoine énergétique pourra induire un maintien d'activités en milieu rural, de montagne ou de pré-montagne, ainsi que la relance de l'économie locale et le ralentissement de la désertification des campagnes.

Rentabilité des PCH

Prix des études préliminaires	**de 7 500 à 30 000 €**
Prix moyen d'une PCH	**de 1 220 à 3 050 €/kW installé**
Recettes probables	**de 150 à 230 €/kW**
Rentabilité brute	**de 7 à 12 ans**
Durée de vie d'une PCH	**plusieurs dizaines d'années**
Frais d'entretien	**très réduits, si la PCH a été bien conçue dès le départ**

Systèmes solaires

Les tarifs moyens de rachat, garantis par des contrats de vingt ans, sont de 6,10 c€/kWh pour une puissance installée inférieure à 500 KVA, et de 5,49 c€/kWh pour une puissance comprise entre 600 KVA et 12 MW. Une majoration de « qualité » est octroyée en hiver (quand la demande en électricité est la plus forte) aux installations dont la production est suffisamment régulière. Cette majoration peut atteindre 1,52 c€/kWh. Ces mesures doivent permettre d'installer 600 MW d'ici 2010.

Le coût du kilowattheure produit par une PCH est évalué à 6 c€ en moyenne, et peut aller jusqu'à 10 c€ pour une pico-centrale. Le coût d'investissement est compris entre 1 200 et 3 000 € par kilowatt installé, mais peut aller bien au-delà en fonction des contraintes techniques et environnementales du projet. (Source : document EDF)

Mini-centrales et pico-centrales

Une pico-centrale est une petite centrale hydraulique dont la puissance est inférieure à 100 kW. De 5 MW à 10 MW, on parle alors de mini-centrale.

Pour une centrale de basse chute (5 m de dénivelé, débit de 550 l/s) d'une puissance de 20 kW ($P \approx 8 \times 5 \times 0{,}055$) équipant une ferme, l'installation coûte entre 30 000 et 90 000 €.

Une pico-centrale de haute chute (100 m de dénivelé, débit de 2,5 l/s) d'une puissance de 2 kW ($P \approx 8 \times 100 \times 0{,}0025$) équipant un refuge coûte entre 5 000 et 15 000 €, auxquels il faut additionner le coût des études environnementales, qui peuvent faire doubler le prix de l'installation.

Le coût de fonctionnement des installations varie également beaucoup. On peut cependant considérer en moyenne que les frais annuels d'entretien et de maintenance se situent entre 3 et 5 % de l'investissement initial. Ce taux fluctue en fonction de paramètres tels que le niveau de régulation et d'automatisation des installations.

Il existe également des tarifs horo-saisonniers, à deux prix hiver/été et à quatre ou cinq prix (heures pleines, heures creuses).

Ces mesures ne s'appliquent qu'aux installations mises en service pour la première fois après la date de parution au J.O. de l'arrêté du 25 juin 2001, soit le 21 novembre 2001. (Cf. arrêté du 25 juin 2001 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie hydraulique des lacs, cours d'eau et mers, telles que visées au 1° de l'article 2 du décret n°2000-1196 du 6 décembre 2000).

Si nous voulons encourager ce type d'installations, il faut impérativement faciliter la constitution du dossier, et que cela ne soit pas un « parcours du combattant » comme aujourd'hui. En effet, il faut actuellement obtenir une multitude d'avis favorables de la part des services police des eaux, police de la pêche, etc., de la DDE et des utilisateurs de la rivière (pêcheurs, sportifs....). Aujourd'hui, très peu d'autorisations sont délivrées ; de plus, les investisseurs sont découragés par le tarif trop bas de rachat du courant qu'impose EDF.

D'autre part, de nombreuses rivières ont été classées en site protégé, ce qui est également un frein au développement des PCH. L'hydroélectricité, filière éprouvée de longue date, pour laquelle la France dispose d'entreprises performantes, est considérée par l'Union européenne comme « une activité énergétique à faible impact sur l'environnement », donc allant dans le sens du développement durable prôné par tous actuellement.

Associations

Les Biefs du Pilat
21 B, rue Victor-Hugo – 42400 Saint-Chamond
Tél : 04 77 31 73 40
email : biefs_du_pilat@yahoo.fr
Site internet : http://perso.orange.fr/biefs.dupilat/

EAF (Électricité autonome française)
La Boursidière – BP 48 – 92357 Le Plessis-Robinson
Tél. : 04 46 30 28 28
Fax : 01 46 30 52 63
email : info@federation-eaf.org
Site internet : http://www.federation-eaf.org/

Ecowatt
14, rue Cazalis – 64000 Pau
Tél. : 05 59 32 50 64
Fax : 05 59 32 89 34
email : ecowatt@heliantis.fr

Entreprises

Cismac (système Hydropower) (*fabricant*)
20, rue Odilon-Redon – 91570 Bièvres
Tél. : 01 69 41 18 31
Fax : 01 69 85 55 33
email : mlaine@cismac.fr
Site internet : http://www.cismac.fr

MCHC (*industriel-producteur / distributeur-installateur*)
L'Outre – 05330 Saint-Chaffrey
Tél. : 04 92 24 16 05

Conclusion

Les différentes possibilités en matière de production d'eau chaude comme de chauffage ainsi que les énergies renouvelables à votre disposition vous ont été présentées ici, et ce, afin que vous puissiez effectuer votre choix.

Certaines énergies renouvelables sont plus développées que d'autres, mais toutes possèdent des avantages et des inconvénients, qui dépendent de l'usage que vous voulez en faire.

Le solaire a atteint sa vitesse de croisière. Il est particulièrement bien adapté à la production d'eau chaude ; son principal inconvénient demeure dans le fait que son rendement maximal est en été, période où l'on en a le moins besoin.

Le bois-énergie est la plus ancienne énergie renouvelable, il a su progresser et proposer des solutions techniques plus souples, plus propres, tout en conservant voire en accroissant ses rendements.

La géothermie comme l'aérothermie sont encore trop peu développées mais devraient connaître un essor important dans les années à venir. Elles possèdent entre autres avantages de fonctionner tout au long de l'année quel que soit le temps, d'être d'une grande souplesse. Mais elles sont mieux adaptées aux constructions neuves, compte tenu des travaux nécessaires, surtout en matière de plancher chauffant basse température.

L'éolien est réservé aux zones éoliennes de développement. Il est utile en site isolé mais nécessite des conditions particulières telles qu'un vent à 7 m/s de moyenne et de la place pour l'installation d'une éolienne.

La petite hydraulique est une alternative intéressante pour les zones de petite et moyenne montagne et devrait se développer pour atteindre une production de 13 TW. Elle peut contribuer à entretenir les moulins de notre patrimoine et lutter contre une forme de désertification des zones concernées.

Toutes ces énergies renouvelables proposées ont un avenir réel dans la mesure où les réserves de pétrole ne cessent de diminuer – les nouveaux gisements sont très peu nombreux. Il en est de même pour le gaz, bien que les réserves soient évaluées à un siècle environ. Quant au charbon, il dégage des gaz à effet de serre et ne peut de ce fait être utilisé que de manière limitée dans les pays ayant signé les accords de Kyoto.

Annexe

Organismes référents en matière d'énergies renouvelables

Organismes nationaux

ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie),
Départements Énergies Renouvelables et Maîtrise de la demande d'électricité,
500, route des Lucioles – 06560 Sophia Antipolis
Tél. : 04 93 95 79 00 – Fax : 04 93 95 79 87 – www2.ademe.fr

Tous les points énergie de France que vous trouverez sur le site de l'Ademe.

ANAH (Agence nationale pour l'amélioration de l'habitat),
Site internet : www.anah.fr

ANIL (Agence nationale pour l'information sur le logement),
Site internet : www.anil.org

CLER (Comité de liaison des énergies renouvelables),
2b, rue Jules Ferry, 93100 Montreuil
Tél. : 01 55 86 80 00 – Fax : 01 55 86 80 01
Site internet : www.cler.org

CRE (Commission de régulation de l'énergie),
Site internet : www.cer.fr

EAF (Électricité autonome française),
Site internet : www.federation-eaf.org

EDF (Électricité de France),
38, rue Jacques Ibert, 75858 Paris cedex 17
Site internet : www.edf.fr

Greenpeace France,
22, rue des Rasselins, 75020 Paris
Tél. : 01 44 64 02 02 – Fax : 01 44 62 02 00
Site internet : www.greenpeace.org/france

IFEN (Institut français de l'environnement),
61, boulevard Alexandre Martin, 45058 Orléans cedex 1
Tél. : 02 38 79 78 78 – Fax : 02 38 79 78 70
Site internet : www.ifen.fr

Observe'ER (Observateur des énergies renouvelables),
146, rue de l'Université, 75007 Paris.
Tél. : 01 44 18 00 80 – Fax : 01 44 18 00 36
Site internet : www.observ-er.org

RARE (Réseau des agences de l'énergie et de l'environnement),
50, rue Gustave Delory, 59800 Lille
Tél. : 03 20 88 64 30 – Fax : 03 20 88 64 40

SER (Syndicat des énergies renouvelables),
16, rue Saint-Paul – 92200 Neuilly-sur-Seine
Tél. : 01 47 57 12 51 – Fax : 01 47 57 67 50
Site internet : www.enr.fr

Organismes régionaux

Voici une liste de contacts par région.

Alsace

ALME (Agence locale de la maîtrise de l'énergie),
Mail : contact@alme-mulhouse.fr

Alter Alsace énergie,
Site internet : www.alteralsace.org

Aquitaine

CREAQ, 3, rue de Tauzia, 33000 Bordeaux
Tél. : 05 57 95 97 04 – Mail : creaq@wanadoo.fr

IDEA (Information sur le développement environnemental en Aquitaine),
Site internet : www.idea-reseau.org

Auvergne

ADUHME, 14 rue Buffon, 63100 Clermont-Ferrand
Tel : 04 73 92 78 22 – Fax : 04 73 92 78 21
Mail : contact@aduhme.org
Site internet : www.aduhme.org

Basse-Normandie

EIE GRAPE, Maison Polyvalente
10-18 Grand Parc, 14200 Hérouville Saint-Clair
Tél. : 02 31 94 03 00
Mail : info-energie.vie@netcourrier.com

La Maison du renouvelable Pascal Turmel,
Membre bénévole du Point Info Énergie « Les 7 Vents du Cotentin »,
72 rue Hervé Mangon, 50120 Equeurdreville
Tél. : 02 33 53 79 26
Mail : info@la-maison-du-renouvelable.com
Site internet : www.la-maison-du-renouvelable.com

ID Solaires,
Le bourg – 61130 St Fulgent-des-Ormes,
Tél. : 02 43 34 55 13
Mail : laurent.choplin@idsolaires.fr
Site web : www.idsolaires.fr

Bourgogne

Bourgogne Énergies Renouvelables,
2 rue Mozart, 21000 Dijon
Boîte vocale : 03 80 59 12 80
Mail : association.ber@wanadoo.fr

Bretagne

Avel Pen ar Bed,
Aude Le Rhun
Tél. : 02 98 37 89 29 – Fax : 02 98 25 87 80
Mail : avel@infini.fr

CIELE Nicolas JAFFRAY / Jean Pierre LETELLIER, MCE,
48 Boulevard Magenta, 35000 Rennes
Tél. : 02 99 30 12 13 – Fax : 02 99 54 42 98
Mail : info@ciele.org
Site internet : www.ciele.org

Centre

Cyril PROVOST – ARFIE – EIE
45, Le Vieux Château, 45290 Le Moulinet sur Solin
Tel : 02 38 94 0115 – Fax : 02 38 94 01 19
Mail : association.arfie@wanadoo.fr

Champagne-Ardennes

C.L.I.P. de Moraypré – Un Centre d'Education à l'Environnement,
Centre de Loisirs et d'Initiation Permanent,
BP 12 08170 Haybes-sur-Meuse
Tél. 03 24 41 26 78 (bureau) 03 24 41 18 27 (Point Phone)
Fax. 03 24 41 75 58
Mail : clip08@wanadoo.fr
Site Internet : www.ardennesmaisonsnature.com

Corse

Atelier Permanent à l'Environnement Urbain
Benjamin Guibaudot,
Rue Jean Chiappe, 20000 Ajaccio
Tél. : 04 95 21 37 52

Bastia Caue
Nicolas Fremont,
2 bis Chemin de l'annonciade, 20200 Bastia
Tél. : 04 95 31 80 90

Extrême Sud Aghjasole/ Balagne,
Paula Mondoloni / Bartoli François-Xavier/ Stéphanie Maraninchi,
Immeuble Mattei – les 4 Chemins, 20137 Porto-Vecchio
Tél. : 04 95 72 13 25

EIE Corse Energies Environnement,
Virginie Le Boedec,
Mairie Annexe de Cervionne, 20221 Cervione
Tél. : 04 95 38 36 41

Franche-Comté

AJENA,
Nathanaël Point,
Maison des énergies renouvelables,
28, Boulevard Gambetta, BP 149, 39004 Lons-le-Saunier Cedex
Tél : 03 84 47 81 10 – Fax : 03 84 47 81 18
Mail : ajena@wanadoo.fr – Site internet : www.ajena.org

Gaïa énergie,
240, Avenue Jean-Jaurès, 90000 Belfort
Tél./Fax : 03 84 21 10 69 – Mail : gaia-energies@wanadoo.fr

Haute-Normandie

Association Eure solaire,
6 rue constant Roussel, 27400 Louviers
Tél. : 06 87 39 21 07 – Fax. : 02 32 59 25 70
Mail : euresolaire@wanadoo.fr

Île-de-France

ARENE,
Hélène Sanchez,
94 bis, avenue de Suffren, 75015 Paris
Tél. : 01 53 85 61 75 – Fax : 01 40 65 90 41
Mail : h.sanchez@areneidf.org – Site internet : www.areneidf.org

EDIF,
17 rue Curial, 75019 Paris
Tél./Fax : 01 42 09 66 75
Mail : contact@edif.asso.fr

E.I.E. La Défense – PPV-BNS,
Village Services
Gare RER SNCF, 92 800 Puteaux
Tél. : 01 49 06 02 28 – Fax : 01 49 06 02 29
Mail : eieladefense@ppv-bns.info

MVE,
Pavillon des finances,
12, boulevard Rouget de Lisle, 93100 Montreuil
Tél. : 01 42 87 13 55 – Fax : 01 42 87 13 54.
Mail : contact@agence-mve.org
Site internet : www.agence-mve.org

Languedoc-Roussillon

Espace Info-énergie des Pyrénées-Orientales,
Claudie Macaluso,
41 avenue Marcelin Albert, 66000 Perpignan
Tél. : 04 68 54 29 23
Mail : eie.66@wanadoo.fr

Limousin

ALDER,
Freddy Le Saux,
Ligoure, 87110 Le Vigen
Tél. : 05 55 00 52 32
Mail : freddy.le.saux@wanadoo.fr

Lorraine

Espace Info Energie,
Pierre Brouillard,
1, bd des Ardennes, 55000 Bar Le Duc
Tél./Fax : 03 29 45 01 39 – Mail : eie.meuse@free.fr

Espace Info Energie,
Stéphane Castet,
13 rue Aristide Briand – BP 395, 88010 Épinal Cedex
Tél. : 03 29 82 93 85 – Fax : 03 29 35 27 51
Mail : eie.epinal@wanadoo.fr

Midi-pyrénées

CIEN – Centre International des Energies Nouvelles,
Maureen WILHELM (Animatrice scientifique),
Zone Bastillac Nord, 65000 Tarbes
Tél. : 05 62 93 93 13 – Fax : 05 62 93 10 39
Mail : maureen.wilhelm@cien.org – Site internet : www.cien.org

Énergie solaire développement,
Ramonville Saint Agne – 31
Tél. : 05 61 73 34 92 – Fax : 05 61 73 83 80
Mail : contact@energiesolaire.info
Site internet : www.energiesolaire.info

IDRR,
Le Crémissal, Puech Auriol, 81100 Castres
Tél./Fax : 05 63 59 89 22
Mail : idrr81@wanadoo.fr
Site internet : www.outilssolaires.com/idrr

Maison régionale de l'environnement,
Tél. : 05 34 31 97 42 – Fax : 05 34 31 97 61
Mail : contact@uminate.asso.fr
Site internet : www.uminate.asso.fr

Phebus Ariege,
Le Ploumail – 09, 09600 Dun
Tél. : 05 61 68 62 17 – Fax : 05 61 68 62 17
Mail : infoenergie09@aol.com
Site internet : www.phebus-ariege.org

Quercy Energies,
70, rue Clémenceau, 46000 Cahors
Tél. : 05 65 35 81 26 – Fax : 05 65 35 07 06
Mail : quercy.energies@wanadoo.fr

Nord-Pas-de-Calais

Chantier Nature,
16, Place Cormontaigne, 59000 Lille
Tél. : 03 20 17 11 77 – Fax : 03 20 17 11 70
Mail : contact@chantiernature.org
Site internet : www.chantiernature.org

Pays-de-Loire

ALISEE,
Maison de l'Architecture, des Territoires et du Paysage,
312, avenue René Gasnier, 49100 Angers
Tél./Fax : 02 41 93 00 53
Mail : alisee.asso@wanadoo.fr

Antenne locale, Maison des Énergies,
1, rue Julien Grolleau, 44200 Nantes
Tél./Fax : 02 40 89 23 22
Mail : alisee44.asso@wanadoo.fr
Site internet : www.alisee.org

Picardie

Ateliers de la Bergerette,
8, rue de la Bergerette, 60000 Beauvais
Tél. : 03 44 48 26 74
Site internet : www.ateliers-bergerette.org

Poitou-Charente

MER, 17
Mireille Bonneau,
6, rue de la Madeleine, 17220 La Jarrie
Tél. : 05 46 01 18 67
Mail : espace-info-energie.mer17@ouvaton.org

PACA

Association d'Education à l'Environnement,
Maurice Wellhoff/Carole Birck,
C.P.I.F.P. BP 16 – 13860 Peyrolles-en Provence
Tél. : 04 42 67 06 70 – Fax : 04 42 57 71 25
Mail : energie.loubatas@educ-envir.org
Site internet : www.educ-envir.org/loubatas

Association Écopolénergie,
2 bis avenue de la Libération, 13120 Gardanne
Tél. : 04 42 51 24 09 – Fax : 04 42 58 22 40
Mail : ecopolenergie@wanadoo.fr
Site internet : www.ecopolenergie.com

Planète sciences méditérannée,
9, rue Gazan, 06530 Grasse
Tél. : 04 92 60 78 78 – Fax : 04 93 36 56 79
Mail : energie.mediterranee@planete-sciences.org
Site internet : www.planete-sciences.org/mediterranee

UDVN 84,
Carine Rocheron,
1, rue Bourguet, 84000 Avignon
Tél. : 04 90 85 44 81 – Fax : 04 90 86 13 22
Mail : udvn84@wanadoo.fr
Site internet : www.udvn84.free.fr

Rhône-Alpes

AGEDEN,
Imm. le Trident, bât. A, 34, avenue de l'Europe, 38000 Grenoble
Tél. : 04 76 23 53 50 – Fax : 04 76 23 53 51
Mail : infoenergie@ageden.org. Site internet : www.ageden.org

ASDER,
Renaud Peisieu,
562, av du Grand Ariétaz, BP 99499, Chambéry 73094 Cedex
Tél. : 04 79 85 88 50 – Fax : 04 79 33 24 64
Mail : info@asder.asso.fr. Site internet : www.asder.asso.fr

CEDER,
Antoine Dommanget
Tél. : 04 75 26 22 53 – Fax : 04 75 26 19 02
Mail : infoenergie@ceder-provence.org
Site internet : http://perso.wanadoo.fr/ceder

EIE-ADIL26,
Marie Mourlhou, 44 rue des Faventines, 26010 Valence
Tél. : 04 75 79 04 56
Mail : mm@dromenet.org
Site internet : http://pie.dromenet.org/index.htm

Énergie environnement 74,
Emmanuelle Geffriaud,
9, avenue du Pont de Tasset Z.I. 74960 Meythet
Tél. : 04 50 67 17 54 – Fax : 04 50 57 79 84

Mail : contact@energies-environnement74.info
Site internet : www.ee74.info

HELIANTHE,
Mélanie Marrec,
20, rue Littré, 01000 Bourg-en-Bresse
Tél. : 04 74 45 16 46 – Fax : 04 74 24 73 56
Mail : info@helianthe.org. Site internet : www.helianthe.org

HELIOSE,
1, rue Potin Gaudet, 42000 Saint-Chamond
Tél. : 04 77 31 61 16 – Fax : 04 77 29 08 29
Mail : infoenergie@heliose42.org
Site internet : www.heliose42.org

HESPUL,
Thierry Manceau,
114 Bd du 11 novembre, 69100 Villeurbanne
Tél. : 04 37 47 80 90 – Fax : 04 37 47 80 99
Mail : info@hespul.org – Site internet :www.hespul.org

POLENERGIE,
Bertrand Mathat,
39, rue Jean Mermoz, 07200 Aubenas
Tél. : 04 75 35 59 65 – Fax : 04 75 89 00 76
Mail : mathat@polenergie.org – Site internet : www.polenergie.org

Rhônealpesenergie Environnement,
10, rue des Archers, 69002 Lyon
Tél. : 04 78 37 29 14 – Fax : 04 78 37 64 91
Site internet : www.raee.org

Index

A

Ademe 7, 29
aérogénérateurs 70
aérothermie 61

B

ballon de stockage 11
bois-énergie 29
bûche 30

C

capteurs plans 12
chaudières à bois déchiqueté 35
chaudières à bûches 33
chaudières à granulés bois 36
chaudières à tirage forcé ou turbo 34
chaudières à tirage naturel 33
chaudières bois
  avantages fiscaux 41
chaudières turbo avec hydroaccumulation 34
chauffage au bois 32
chauffage de la piscine 64
chauffe-eau solaire individuel 16
cheminées 32
  investissement 32
circuit primaire 10
coefficient de performance (COP) 46, 60
crédit d'impôt 12, 27

E

eau chaude sanitaire 9, 57
énergie solaire
  active 8
  captage 9
  chaudière d'appoint 11
  dimensionnement du système 13
  exemple d'installation 19
  investissement 15
  liquide primaire 11
  passive 8
  rentabilité 15
  zones climatiques 13
éolien 67
  coût au kilowatt 69
éolienne
  consommation personnelle non raccordée 71
  fonctionnement 69
  raccordement au réseau 70

F

fluides frigorigènes 44
foyers
  investissement 32
foyers fermés 32

G

géothermie 43
granulé bois 31

I

inserts 32
  investissement 32

M

MAP (Mètre cube apparent plaquette) 31

P

panneaux photovoltaïques 25
petites centrales
  hydrauliques 73
  rentabilité 75
photovoltaïque 23
  capteurs 24
  crédit d'impôt 27
  fonctionnement 24
  raccordement au réseau 26
Plan bois-énergie et développement local (PBEDL) 29
Plan État-Régions 29
Plan Soleil 7
plancher chauffant 48
plancher solaire direct 17
plaquette forestière 31
poêles 33
  investissement 33
poêles à granulés 37
pompe à chaleur 44, 46
  captage 45
  captage horizontal 45
  captage vertical 46
  eau chaude sanitaire 57
  eau/eau 54
  nappe phréatique 55
  schéma d'installation 58
  sol/eau 53
  sol/sol 52
POPE (loi de programmation fixant les orientations de la politique énergétique) 68
PPI (Programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité) 68

R

réversibilité 63

S

système solaire combiné
  avantages fiscaux 21
  investissement 20
système solaire combiné chauffe-eau/chauffage 20
systèmes solaires combinés 17

T

tubes à caloduc 13
tubes à flux direct 12
tuiles photovoltaïques 25

Z

zones de développement de l'éolien (ZDE) 68

Dépôt légal : avril 2007
N° d'éditeur : 7610
IMPRIMÉ EN FRANCE

Achevé d'imprimer le 20 avril 2007
sur les presses de l'imprimerie « La Source d'Or »
63200 Marsat
Imprimeur n° 11678

Dans le cadre de sa politique de développement durable, La Source d'Or a été référencée IMPRIM'VERT® par son organisme consulaire de tutelle. Cet ouvrage est imprimé - pour l'intérieur - sur papier couché mat "Creator Vol" 135 g des Papeteries Torras Papel, dont les usines ont obtenu la certification environnementale ISO 14001 et opèrent conformément aux normes E.C.F. et P.E.F.C.

Brigitte Vu

Les panneaux solaires, les pompes à chaleur, l'énergie éolienne, les centrales hydrauliques… tous ces systèmes sont-ils un choix judicieux ?

Opter pour du photovoltaïque si sa région est mal ensoleillée, choisir les pompes à chaleur lorsqu'on a peu de terrain, quelle énergie possible pour la rénovation ? Pour quelles économies, quels besoins et quels avantages ?

Ce guide permet de faire le point sur ces énergies nouvelles et donne toutes les pistes pour faire le meilleur choix en fonction de son habitat… Des avantages et des inconvénients clairement expliqués pour chacune des énergies, des réponses indispensables aux questions les plus courantes…

Un guide pratique et sur mesure pour réaliser de véritables économies.

Code éditeur : G12142
ISBN : 978-2-212-12142-1

9 782212 121421

9 €

www.editions-eyrolles.com
Groupe Eyrolles | Diffusion Geodif | Distribution Sodis